# PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 8. 15. April 1906. 7. Jahrgang.

Redaktionsschluß für No. 9 am 28. April 1906.


INHALT.


**Originalmitteilungen:**

J. Stark, Die elektrische Ladung der Träger von Duplet- und Tripletserien. S. 249.

J. Stark, Über den Zusammenhang zwischen Translation und Strahlungsintensität positiver Atomionen. S. 251.

A. H. Bucherer, Das von einem mitbewegten Beobachter wahrgenommene Feld einer rotierenden geladenen Kugel. S. 256.

St. Meyer u. E. v. Schweidler, Bemerkung zu der Mitteilung der Frau Sklodowska Curie: „Über die Zeitkonstante des Poloniums; Nachtrag". S. 257.

W. Holtz, Die Darstellung von Kraftlinien und die Dielektrizitätskonstante. S. 258.

H. Dufour, Die Leitfähigkeit der Luft in bewohnten Räumen. S. 259.

D. Mazotto, Das magnetische Altern des Eisens und die Molekulartheorie des Magnetismus. S. 262.

E. Sommerfeldt, Zur Theorie der optisch zweiachsigen Kristalle mit Drehungsvermögen. S. 266.

W. Voigt, Über das optische Verhalten von Kristallen der hemiëdrischen Gruppen des monoklinen Systems. S. 267.

O. Lummer u. Cl. Schaefer, Demonstrationsversuche zum Beweise des d'Alembertschen Prinzips. S. 269.

H. Rubens, Apparat zur Bestimmung des mechanischen Wärmeäquivalents. S. 272.

**Referate:**

W. Nernst, Physikalisch-chemische Betrachtungen über den Verbrennungsprozeß in den Gasmotoren. S. 276.

**Besprechungen:**

M. Eder, Rezepte und Tabellen für Photographie und Reproduktionstechnik. S. 278.

Neuere Literatur, betreffend physikalische Demonstrationen und Verwandtes. S. 279.

Lehrbuchliteratur der Experimentalphysik. S. 280.

E. Josse, Neuere Wärmekraftmaschinen. S. 281.

H. Pellat, Lehrbuch der Elektrizität. I. II. S. 281.

**Briefkasten.** S. 281.

**Fragekasten.** S. 281.

**Personalien.** S. 281.

**Vorlesungsverzeichnis für das Sommersemester 1906.** S. 282.

**Gesuche.** S. 296.


## ORIGINALMITTEILUNGEN.

### Die elektrische Ladung der Träger von Duplet- und Tripletserien.


Von J. Stark.


Wie ich gezeigt habe, läßt sich durch Beobachtung des Doppler-Effektes[1]) an Kanalstrahlen experimentell ermitteln, welche Spektra die positiven Ionen[2]) (Kanalstrahlen) emittieren. Ich habe derartige Untersuchungen an den Kanalstrahlen in Wasserstoff, Kalium- und Quecksilberdampf zusammen mit den Herren S. Kinoshita, K. Siegl und W. Hermann angestellt; in einzelnen Abhandlungen werden wir ausführlich unsere Methoden und Messungen beschreiben. Hier seien die hauptsächlichen Resultate jener Untersuchungen mitgeteilt und einige allgemeine Schlußfolgerungen daran geknüpft.

Die Linienserie ($H_\alpha$, $H_\beta$ . .) des Wasserstoffs ist eine erste Nebenserie. Ihre Linien stellen sich bei genauer Analyse als Duplets dar; der Abstand der zwei Komponenten beträgt nach A. Michelson[2]) für $H_\alpha$ 0,14 Ångström, für $H_\beta$ 0,08 Å; nach den Messungen von H. Ebert[3]) ist der Abstand der Komponenten von $H_\alpha$ 0,132 Å. Wie in jeder anderen ersten Nebenserie von Duplets ist auch bei Wasserstoff die Differenz der Schwingungszahlen der Komponenten eines Duplets durch die ganze Serie konstant. Diese Differenz berechnet sich auf Grund der Messungen von Michelson für $H_\alpha$ zu 0,33, für $H_\beta$ zu 0,34 auf 1 cm Weg im Vakuum. Meine früheren und neueren Beobachtungen ergeben, daß die erste Nebenserie von Duplets des Wasserstoffs einwertige positive Atomionen als Träger hat, d. h. Wasserstoffatome, welche ein negatives Elektron verloren haben.

In gewissen Sternen ist eine zweite Nebenserie des Wasserstoffs gefunden worden. Aus ihrer spektralen Lage hat J. R. Rydberg[1]) die Hauptserie des Wasserstoffs berechnet. Als erste Linie dieser Serie gibt er die Wellenlänge 4687,88 Å an; diese Linie ist in den Sternen mit hellen Linien beobachtet worden. Sie findet sich auch in den Spektrogrammen, welche ich teils allein, teils zusammen mit Herrn Kinoshita an den Kathoden- und Kanalstrahlen in Wasserstoff aufgenommen habe. Jene Hauptserienlinie des Wasserstoffs — sie sei $H_\alpha$ genannt — zeigt nun in den Kanalstrahlen ebenfalls den Doppler-Effekt und zwar in derselben Art und Größe wie die erste Nebenserie von Duplets; die Hauptserie des Wasserstoffs ($H_\alpha$, $H_\beta$ . .), welche wahrscheinlich ebenfalls aus Duplets besteht, hat den gleichen Träger wie die erste Nebenserie, nämlich das einwertige positive Wasserstoffion.

1) J. Stark, diese Zeitschr. **6**, 892, 1905.

2) Um ein Mißverständnis auszuschließen, sei hier noch einmal ausdrücklich betont, dass ich zwischen „Trägern" der Serienspektra und zwischen „Emissionszentren" dieser Spektra unterscheide. In allen früheren Veröffentlichungen habe ich wie hier als „Träger" der Linienspektra die positiven Atomionen, als „Zentren" der Serienlinien die negativen Elektronen im positiven Atomion erklärt. Der Gedanke an eine Emission der Serienlinien durch eine periodische Beschleunigung des positiven Elementarquantums lag mir durchaus ferne.

2) A. Michelson, Phil. Mag. **34**, 280, 1892.

3) H. Ebert, Wied. Ann. **43**, 790, 1891.

1) J. R. Rydberg, Astrophys. J. **6**, 233, 1897.

Weiter habe ich zusammen mit Herrn Siegl ein Duplet einer Hauptserie untersucht, nämlich das zweite Duplet der Hauptserie des Kaliums (4047,36—4044,29). Beide Komponenten zeigen in den Kanalstrahlen den Doppler-Effekt, und zwar in einer Größe, wie er für ein Kaliumatom zu erwarten ist, das nur ein negatives Elektron verloren hat. Demnach hat auch bei den Alkalien die Hauptserie von Duplets einwertige positive Ionen als Träger.

Im Spektrum des Quecksilbers hat man bis jetzt nur Serien von Triplets aufgefunden, und zwar eine erste und eine zweite Nebenserie (Kayser und Runge). Mit Hilfe eines kleinen Konkavgitters, das mir Herr Prof. C. Runge gütigst zur Verfügung stellte, gelang es mir unter Beihilfe von Herrn W. Hermann, auch bei den Linien des Quecksilbers den Doppler-Effekt nachzuweisen. Wie sich ergab, besitzen alle Komponenten eines Triplets und noch weiter alle Triplets einer Serie das gleiche Ion als Träger; ja weiter, es zeigen die Linien der ersten und der zweiten Tripletserie der Art und Größe nach denselben Doppler-Effekt. Beide Nebenserien von Triplets des Quecksilbers besitzen also den gleichen Träger, das zweiwertige Quecksilberion; es ist nämlich der Doppler-Effekt tatsächlich so groß, wie er sich bei Annahme von Zweiwertigkeit des Kanalstrahlenteilchens theoretisch berechnen würde.

Die Linien des Quecksilbers, welche nicht zu den Tripletserien gehören, zeigen auch einen Doppler-Effekt; indes unterscheiden sie sich in der Art und Größe desselben von den Linien der zwei Tripletserien. Es sind Linien vorhanden, bei denen der Doppler-Effekt größer ist als bei den Tripletserien; der Träger dieser Linien ist also ein höherwertiges Quecksilberion, d. h. ein Quecksilberatom, das mehr als zwei negative Elektronen verloren hat. Zu diesen höherwertigen Linien gehört beispielsweise die Linie 4078,1.

Endlich sind Linien im Quecksilberspektrum vorhanden, welche einen kleineren Doppler-Effekt zeigen, als die Linien der Tripletserien; ihre Verschiebung ist nämlich rund 1,5mal kleiner als diejenige einer Tripletserienlinie von gleicher Wellenlänge. Ihr Träger ist darum nicht ein zwei-, sondern ein einwertiges positives Quecksilberion. Zu diesen Linien gehören die Wellenlängen 2536,72; 4339,47—3021,64; 3984,08—2847,85. Es scheint, daß 2536,72 die erste Komponente einer Hauptserie von Duplets, das Paar 4339,47—3021,64 zu einer ersten Nebenserie von Duplets, das Paar 3984,08—2847,85 zu einer zweiten Nebenserie von Duplets gehört. Ist dem so, so bestätigt sich bei Quecksilber, daß die Haupt- und die erste Nebenserie von Duplets einwertige positive Ionen als Träger hat.

Bei einer kühnen Verallgemeinerung der vorstehenden experimentellen Resultate ergeben sich folgende Sätze. Die Träger der Linienspektra der chemischen Elemente sind positive Atomionen. Alle Linien einer Serie haben denselben Träger; ja es emittiert derselbe Träger gleichzeitig sogar mehrere Serien. Der Träger der Hauptserie und der Nebenserien von Duplets ist ein einwertiges positives Atomion; der Träger der Nebenserien von Triplets ist ein zweiwertiges positives Atomion; höherwertige Ionen emittieren auch Linienspektra, aber deren Struktur ist noch nicht ermittelt. Das Spektrum eines Elementes, beispielsweise das von Quecksilber, kann ein Gemisch mehrerer Spektra darstellen, nämlich der Spektra seiner ein-, zwei und höherwertigen Ionen.

Die vorstehenden Resultate und Folgerungen befinden sich nun hinsichtlich ihrer Einfachheit in einer auffallenden Übereinstimmung mit den Resultaten, welche Runges und Paschens[1]) Untersuchungen über den Zeeman-Effekt der Linienserien ergeben haben. Nach ihnen zeigt die Hauptserie von Duplets aller untersuchten Elemente (*Na, Cu, Ag, Mg, Ca, Sr, Ba*) der Art und Größe nach in der Skala der Schwingungszahlen denselben Zeeman-Effekt; das gleiche gilt von der ersten Neben- und der zweiten Nebenserie von Duplets. Die erste und die zweite Nebenserie von Triplets zeigen der Art und Größe nach einen anderen Zeeman-Effekt als die Serien von Duplets; die Tripletserien verschiedener Elemente verhalten sich aber im magnetischen Felde wieder untereinander ganz gleich. Die Übereinstimmung zwischen meinen Resultaten und denen von Runge und Paschen äußert sich auch im einzelnen in folgendem. Die von mir zu Dupletserien gerechneten Linien des Quecksilbers (2536,72; 4339,47; 2847,85) müssen im Magnetfeld das bekannte Verhalten von Linien der Hauptserie und der Nebenserien von Duplets zeigen. Runge und Paschen zählen jene Linien unter denjenigen auf, welche nicht das Verhalten der Triplets zeigen, und in der Tat sind ihre Angaben über das magnetische Verhalten jener Linien mit jener Forderung vereinbar.

Aus dem Vorzeichen des Zeeman-Effekts ist zu folgern, daß die Emissionszentren der Serienlinien periodisch beschleunigte negative Elektronen sind. Aus der Komplexität der magnetischen Zerlegung der Serienlinien ist zu folgern, daß ihre Emissionszentren, die negativen Elektronen, zu elektrodynamischen Systemen verkoppelt sind; die elektrodynamische Symmetrie dieser Systeme von negativen Elektronen ist bei Emission von Dupletserien eine andere als bei Emission von Tripletserien; denn die

1 C. Runge und F. Paschen, Ber. d. Berliner Akad. 1902, 380, 720; Anhang zu d. Abhandl. vom Jahre 1902.

magnetische Zerlegung der Dupletserien ist verschieden von der magnetischen Zerlegung der Tripletserien.

Spektra der neutralen chemischen Atome kennen wir nicht. Die bekannten Linienspektra können nach den hier mitgeteilten Untersuchungen die chemischen Elemente erst dann emittieren, wenn sie durch Verlust negativer Elektronen positive Atomionen geworden sind. Hieraus folgt, daß die elektrodynamische Symmetrie der Systeme der negativen Elektronen im positiven Atomion verschieden ist von der elektrodynamischen Symmetrie (Struktur) im neutralen Atom. Im positiven einwertigen Ion besitzen gewisse Systeme negativer Elektronen eine elektrodynamische Symmetrie, welche sie zur Emission elektromagnetischer Strahlungsenergie befähigt; diese Symmetrie wird charakterisiert durch die Emission von Duplets. Eine emissionsfähige elektrodynamische Symmetrie von Systemen negativer Elektronen gewinnt ein neutrales chemisches Atom auch durch Verlust von zwei oder mehr negativen Elektronen. Indes ist die elektrodynamische Symmetrie im zweiwertigen Ion eine andere als im einwertigen Ion; sie wird nämlich charakterisiert durch die Emission von Triplets.

In spektralanalytischer Hinsicht zeigen die chemischen Elemente ein auffallend einheitliches Verhalten. Ihre einwertigen Ionen emittieren Dupletserien von analoger Struktur und identischer magnetischer Zerlegung, ihre zweiwertigen Ionen emittieren Tripletserien, welche ebenfalls analoge Struktur und identische magnetische Zerlegung zeigen. Variabel sind von Element zu Element nur die Maßverhältnisse der Spektra, d. h. die Konstanten der Gesetze der Duplet- und der Tripletserien.

Göttingen, Februar 1906.

(Eingegangen 5. März 1906.)

## Über den Zusammenhang zwischen Translation und Strahlungsintensität positiver Atomionen.

Von J. Stark.

§ 1. Einleitung. — Nach dem Maxwell-Boltzmannschen Verteilungsgesetz ist in einem Gas im Zustande thermodynamischen Gleichgewichtes die Energie unter alle Freiheitsgrade gleichmäßig verteilt. Die Frage, ob dieses Gesetz auch auf die Lichtemission eines Gases auszudehnen ist, wurde schon von verschiedenen Autoren[1]) diskutiert. Hierbei wurde häufig auf den Fall des Quecksilberdampfes hingewiesen, für den das Verhältnis der spezifischen Wärmen gleich $\frac{5}{3}$ sei und der doch ein linienreiches Spektrum besitze. Hierzu ist von vornherein zu bemerken, daß einerseits das Verhältnis der spez. Wärmen ausschließlich für neutrale Dampfmoleküle bestimmt worden ist, daß andererseits das Linienspektrum des Quecksilbers nicht den neutralen Atomen, sondern den positiven Atomionen[1]) zuzueignen ist.

Es gibt zwei Ursachen, welche einen Ausgleich zwischen der strahlenden und der kinetischen Energie von Gasmolekülen bedingen. Erstens kann beim Zusammenstoß zweier Teilchen ein Teil der translatorischen kinetischen Energie in innere oszillatorische Energie verwandelt werden. Zweitens bewirkt der Strahlungsdruck eine wechselseitige Verwandlung von strahlender und kinetischer Energie. Bei Ausstrahlung während der Translation wird nämlich Arbeit entgegen dem Strahlungsdruck geleistet, welche für die Zeiteinheit proportional dem Quadrat der Geschwindigkeit ist; der dadurch bedingte Verlust an kinetischer Energie wird in strahlende Energie transformiert. Umgekehrt kann ein Molekül durch Absorption einseitiger Einstrahlung von außen kinetische Energie gewinnen, indem es durch den Strahlungsdruck in der Richtung der Einstrahlung einen Zuwachs an Geschwindigkeit erfährt. Die Zeit, während welcher sich zwei Moleküle im Zusammenstoß deformieren, ist sehr klein gegen die Zeit, während welcher sie sich frei ohne Zusammenstoß bewegen. Diejenige Ursache, welche einen Ausgleich und somit ein Gleichgewicht zwischen strahlender und kinetischer Energie von Gasmolekülen bedingt, scheint darum der Strahlungsdruck zu sein; er verknüpft Translation und Lichtemission, ebenso wie er in der Theorie der rein thermischen Strahlung mechanische Arbeit und Strahlung miteinander koppelt.

Man hat zwei Dinge zu berücksichtigen, um den Anteil an der gesamten Energie zu finden, welcher im thermodynamischen Gleichgewicht auf die strahlende Energie der Gasmoleküle entfällt. Erstens sind die Koordinaten, welche die strahlende Energie definieren, durch Bedingungsgleichungen für die Koppelung der Teile im Innern eines Atoms verbunden. Zweitens sind sie durch die wechselseitige Ein- und Ausstrahlung benachbarter Atome und die dadurch bedingte Resonanz der strahlenden Elektronen mehrerer Atome in Bedingungsgleichungen miteinander verknüpft.

In der vorliegenden Mitteilung soll die Theorie der Verknüpfung zwischen Translation und Lichtemission durch die Mitteilung von

1) G. H. Bryan, Nat. **51**, 31, 1895; G. F. Fitzgerald, Nat. **51**, 321, 1895; Proc. Roy. Soc. **57**, 312, 1895; A. Schuster, Nat. **51**, 293, 1895; L. Boltzmann, Nat. **51**, 413, 1895; G. J. Stoney, Proc. Roy. Soc. **58**, 177, 1895; Phil. Mag. **40**, 362, 1895; G. D. Liveing, Proc. Cambr. Soc. **10**, 38, 1895.

1) Vergl. vorhergehende Mitteilung.

Beobachtungen vorbereitet werden, aus welchen jene Verkettung gefolgert werden kann.

§ 2. Lichtemission infolge von Translation positiver Atomionen. — Wie ich bereits an mehreren Stellen[1]) auf Grund des Doppler-Effektes dargelegt habe, emittieren die Kanalstrahlen (positive Atomionen) Licht, und besitzen gleichzeitig eine große Geschwindigkeit. Es ist zu fragen, woher die Lichtemission der Kanalstrahlen kommt. Die nächstliegende Antwort scheint folgende zu sein. Vor der Kathode werden die positiv geladenen Teilchen durch Zusammenstoß zur Lichtemission angeregt; während dann die so erregten Schwingungen ihrer Elektronen infolge von Ausstrahlung langsam abklingen, werden die Träger dieser Emission, die Kanalstrahlenteilchen, von dem elektrischen Felde nach der Kathode getrieben, erlangen hierbei eine große Geschwindigkeit und treten dann mit dieser zusammen durch die Kanäle hinter der Kathode aus, während jene Schwingungen ihrer Elektronen immer noch nicht ganz abgeklungen sind.

Hierzu ist zunächst zu bemerken, daß diese Anregung der Lichtemission der Kanalstrahlen jedenfalls nicht in der negativen Glimmschicht (Fig. 1) erfolgt. Denn wäre dies der Fall, so

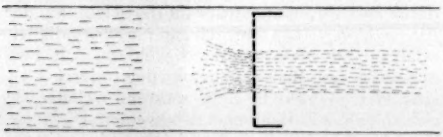



Fig. 1.

müßte der dunkle Kathodenraum, den sie zunächst auf dem Wege zur Kathode durchlaufen, intensiver das Linienspektrum emittieren als das Kanalstrahlenbündel hinter der Kathode. In Wirklichkeit sendet aber der Dunkelraum in Wasserstoff nahezu gar kein Licht aus, in Stickstoff das Linienspektrum nur in sehr geringer Intensität. Wenn also jene Erklärung überhaupt richtig ist, so muß jene hypothetische Anregung der Lichtemission durch Stoß unmittelbar vor der Kathode in der ersten Kathodenschicht erfolgen. Die im Querschnitt $S_1$ durch Stoß zu Lichtemission angeregten Atomionen durchlaufen dann bis zur Kathode im Maximum die Spannungsdifferenz $V_1$ frei ohne weiteren Zusammenstoß; das Quadrat ihrer Geschwindigkeit ist darum proportional $V_1$. Die aus dem näher der Kathode gelegenen Querschnitt $S_2$ nach einem Zusammenstoß kommenden Teilchen besitzen zwar eine kleinere Geschwindigkeit ($V_2 < V_1$); aber die Schwingungen ihrer Elektronen sind noch nicht so weit abgeklungen als die Schwingungen in denjenigen Teilchen, welche aus $S_1$ kommen, aber beim Passieren der Kathode eine größere Geschwindigkeit besitzen; die elektrische Feldstärke wächst nämlich mit abnehmendem Abstand von der Kathode sehr rasch an. Hinter der Kathode müssen demnach an den Kanalstrahlen alle Geschwindigkeiten vorkommen von Null bis zu derjenigen, welche dem ganzen Kathodenfall entspricht; mit allen Geschwindigkeiten muß unsere hypothetische im Abklingen begriffene Lichtemission verbunden sein, und zwar muß die Emission der langsamen Strahlen intensiver sein, als diejenige der schnellen; denn die Zeit der Abklingung ist für diese größer als für jene. Bei Beobachtung des Doppler-Effektes an den Kanalstrahlen hinter der Kathode müßten darum an die ruhende Linie für die Translationsgeschwindigkeit Null in kontinuierlicher Folge und in abnehmender Intensität diejenigen Linien sich anschließen, welche größeren Translationsgeschwindigkeiten entsprechen. In Wirklichkeit aber ist dies nicht der Fall.

In allen meinen Original-Spektrogrammen von dem Doppler-Effekt an den Kathodenstrahlen in Wasserstoff ist bei genügender Dispersion zwischen der ruhenden Linie und den „verschobenen" Linien ein Intensitätsminimum vorhanden. Die den verschiedenen Geschwindigkeiten entsprechenden Linien ordnen sich zu einem verbreiterten Streifen zusammen; der Intensitätsabfall dieses Streifens ist nach der ruhenden Linie zumeist ein ganz steiler. Hieraus ist zu schließen, daß die langsamen Kanalstrahlen, die hinter der Kathode sicherlich auch vorhanden sind, nur eine sehr wenig intensive Lichtemission besitzen. Die obige Hypothese über die Anregung der Lichtemission der Kanalstrahlen durch Stoß kann darum nicht richtig sein. Hiermit soll nicht gesagt sein, daß durch Stoß überhaupt keine Lichtemission erregt werden könne. Dies ist sicherlich der Fall; dieser Fall liegt vor bei der Emission des Linienspektrums durch die negative Glimmschicht und bei der ruhenden Linie im Spektrogramm der Kanalstrahlen. Die gemäß dem Doppler-Effekt verschobene Emission der Kanalstrahlen dagegen besitzt eine Intensität, welche parallel geht der Translationsgeschwindigkeit der Kanalstrahlen.

Figur 2 gibt ein Beispiel für das oben besprochene Aussehen der Spektrogramme des Doppler-Effektes an Kanalstrahlen in Wasserstoff. Spektrogramm I wurde mit einem Prismenapparat erhalten bei 5000 Volt, Spektrogramm II mit einem Konkavgitter bei 3000 bis 3500 Volt Kathodenfall; Spektrogramm III wurde

1) J. Stark, diese Zeitschr. **6**, 892, 1905.

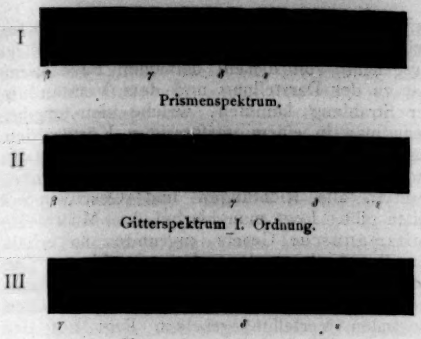



Fig. 2.

in 2. Ordnung gleichzeitig mit Spektrogramm II erhalten. In der Reproduktion sind leider die Feinheiten der Originale verwischt.

Wir können die beobachteten Tatsachen am besten erklären durch die Annahme, daß die Quelle der Lichtemission der Kanalstrahlen ihre kinetische Energie ist und daß sich zwischen der Strahlungsintensität oder noch besser zwischen der Strahlungsdichte am Kanalstrahlenteilchen und seiner kinetischen Energie ein Gleichgewicht herstellt durch Vermittlung des Strahlungsdruckes.

Auf Grund dieser Erklärung besagt dann die obige Beobachtung des steilen Intensitätsabfalls der verschobenen Linien gegen die ruhende folgendes. Im Falle des Gleichgewichtes zwischen strahlender und kinetischer Energie ist die Strahlungsintensität eine Funktion des Quadrates der Translationsgeschwindigkeit $v$; sie wächst sehr rasch mit diesem Quadrat.

§ 3. Die spektrale Intensitätsverteilung in Abhängigkeit von der Translationsgeschwindigkeit. — In Wasserstoff überwiegt auf dem Wege der Kanalstrahlen die Emission des Linienspektrums weitaus an Intensität die Emission des Bandenspektrums. Die Gesamtfarbe des Kanalstrahlenbündels ist darum nahezu identisch mit der Gesamtfarbe der Emission des Linienspektrums. Bei kleiner Geschwindigkeit der Kanalstrahlen (800 Volt) ist nun ihre Gesamtfarbe dunkelrot, sie hat die Nuance der Farbe von $H_\alpha$. Je größer indes die Geschwindigkeit wird, desto mehr Blau mischt sich dem Rot bei; bei 8000 Volt Geschwindigkeit ist die Gesamtfarbe der Kanalstrahlen bläulich rot. Hieraus ist zu folgern, daß mit wachsender Translationsgeschwindigkeit der positiven Wasserstoffionen die Strahlungsintensität der kürzeren Wellen ($H_\delta$, $H_\gamma$) schneller wächst als diejenige der langen Wellen ($H_\alpha$).

Wie oben dargelegt wurde, tritt in den Spektrogrammen des Doppler-Effektes zwischen der ruhenden Linie und dem Streifen der verschobenen Linien ein Intensitätsminimum auf. Ich habe an dem oben reproduzierten Gitterspektrogramm mit dem Komparator die Breite dieses Intensitätsminimums gemessen, sie ergab sich aus mehreren Einstellungen im Mittel zu 0,095 für $H_\delta$, 0,100 für $H_\gamma$ und 0,110 mm für $H_\beta$. Für diese Breiten lassen sich aus der bekannten Dispersion des Spektrogramms leicht die Geschwindigkeiten berechnen, welche jenen Breiten oder Verschiebungen entsprechen, oder mit anderen Worten die Geschwindigkeiten, für welche die zugehörigen Wellenlängen eine unter den gegebenen Bedingungen photographisch eben wahrnehmbare Strahlung emittieren. Diese Geschwindigkeit betrug in dem gegebenen Falle für $H_\delta$ $9{,}5 \cdot 10^6$, für $H_\gamma$ $1{,}1 \cdot 10^7$, für $H_\beta$ $1{,}3 \cdot 10^7$ $cm \cdot sec^{-1}$. Da die photographischen Wirksamkeiten von $H_\delta$, $H_\gamma$ und $H_\beta$ nicht stark voneinander verschieden sind, so kann man aus vorstehenden Zahlen folgenden Schluß ziehen. Um für verschiedene Wellenlängen die gleiche Strahlungsintensität zu erzielen, muß die Translationsgeschwindigkeit um so mehr erhöht werden, je kleiner die Wellenlänge ist.

Man kann weiter den Streifen der verschobenen Linien in einzelne schmale Bezirke (Linien) zerlegen, für jeden die Intensität aus der photographischen Schwärzung schätzen und aus dem Abstand von der ruhenden Linie die zugehörige Geschwindigkeit berechnen. Trägt man die Intensitäten als Ordinaten, die Geschwindigkeiten als Abszissen in ein Koordinatensystem ein, so erhält man Kurven von der Form in Figur 3. Diese Kurven bringen zum Ausdruck,

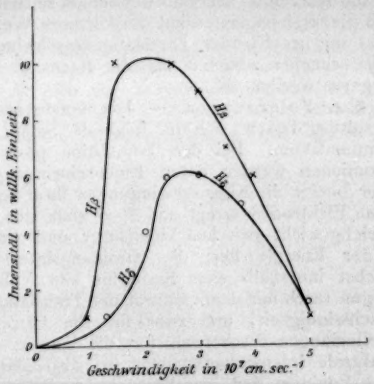



Fig. 3.

wie die Strahlungsintensitäten der einzelnen Wellenlängen ($H_\beta$, $H_\gamma$ · · ·) normal zur Translation abhängen von der Translationsgeschwindigkeit. Die in die Kurve eingetragene Inten-

sität für eine bestimmte Geschwindigkeit ist proportional $N \cdot f(v, \lambda)$, wo $N$ die Zahl der strahlenden Ionen ist, $f(v, \lambda)$ eine Funktion von $v$ und $\lambda$. Da alle Linien der Serie $H_\alpha, H_\beta \ldots$, das gleiche Ion als Träger haben, so ist $N$ für alle Linien der Serie gleich. Das Verhältnis der Intensitäten zweier Wellenlängen $\frac{J_{\lambda_2}}{J_{\lambda_1}}$ ist darum unabhängig von $N$ und nur eine Funktion von $v$. Trägt man nun in ein Koordinatensystem das Intensitätsverhältnis $\frac{J_{\lambda_2}}{J_{\lambda_1}}$ für verschiedene Translationsgeschwindigkeiten als Ordinate ein, die Geschwindigkeit als Abszisse, so erhält man Kurven von der Form in Figur 4. Und aus

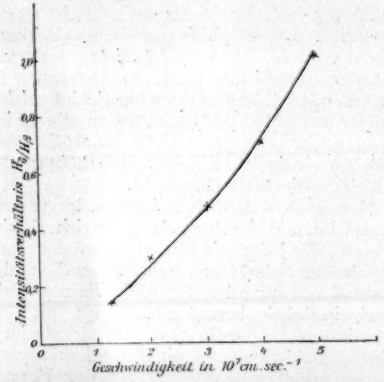



Fig. 4.

diesen Kurven ist abermals der Schluß zu ziehen, daß die Strahlungsintensität der kürzeren Wellen ($H_\delta$) mit wachsender Translationsgeschwindigkeit schneller zunimmt als die Intensität der längeren Wellen ($H_\beta$).

§ 4. Folgerungen. — Die vorstehenden Resultate lassen sich in folgende Sätze zusammenfassen. Bei der Translation positiver Atomionen werden deren Eigenschwingungen oder besser die Eigenschwingungen ihrer negativen Elektronen erregt und zwar stellt sich ein Gleichgewicht zwischen kinetischer und strahlender Energie her; die Strahlungsintensität wächst innerhalb einer Serie für alle Wellenlängen rasch mit dem Quadrat der Translationsgeschwindigkeit, und zwar für die kürzeren Wellenlängen rascher als für die langen; die spektrale Intensitätsverteilung ist also hierbei eine Funktion der Translationsgeschwindigkeit.

Ein paralleles Bündel von Kanalstrahlen stellt also für die Emission des Linienspektrums den einfachsten Fall eines Gleichgewichtes zwischen Strahlung und Translation dar; es ist in diesem Falle nur eine Translationsrichtung vorhanden und die Geschwindigkeiten liegen zwischen Null und einem maximalen Werte, welcher sich aus dem Kathodenfall berechnet. Ausgehend von diesem einfachen Falle kann man zu der Darstellung und dem Verständnis der Strahlung kommen, welche sich ergibt, wenn man in einem gasförmigen Körper den positiven Atomionen kinetische Energie mitteilt und ihrer Translation nach gewissen Verteilungsgesetzen alle Richtungen und Geschwindigkeiten gibt. Legt man hierbei das Maxwell-Boltzmannsche Gesetz zugrunde, so erhält man die rein thermodynamische Strahlung. Die Analogie zwischen den obigen Resultaten und den für den schwarzen Strahler gefundenen spektralen Verteilungsgesetzen liegt auf der Hand; das Quadrat der Translationsgeschwindigkeit hier entspricht der absoluten Temperatur dort.

Auf Grund der obigen Resultate ist leicht zu verstehen, wie man die chemischen Elemente zur Emission von Linienspektren veranlassen kann mittels Erhöhung der mittleren Temperatur ihrer Dämpfe. Man muß erstens positive Atomionen schaffen, indem man einen Ionisator auf die neutralen Atome wirken läßt; für die Alkalien und die alkalischen Erden genügen hierfür die Vorgänge in der Flamme, die übrigen Elemente muß man durch den Stoß der Kathodenstrahlen (schnelle negative Elektronionen) der negativen Glimmschicht oder der positiven Lichtsäule im Glimmstrom oder Lichtbogen ionisieren. Sind die Ionen vorhanden, so muß man ihnen zweitens große Translationsgeschwindigkeiten erteilen; dies geschieht, indem man die mittlere Temperatur stark erhöht, sei es durch große Stärke des elektrischen Stromes, sei es durch den Verbrennungsprozeß in der Flamme; je mehr wir die Temperatur erhöhen, desto intensiver wird die Strahlung, besonders diejenige der kürzeren Wellenlängen. Die schwache Emission des Linienspektrums, welche in der positiven Lichtsäule oder in der negativen Glimmschicht bei niedriger mittlerer Temperatur wahrgenommen wird, entspricht nicht einem Gleichgewicht zwischen Strahlung und Translation, sondern kommt zustande durch die Erschütterung eines positiven Atomiones infolge eines Zusammenstoßes, sie ist „irreguläre“ oder „allaktine“ Strahlung (Lumineszenz).

Weiter sei noch darauf hingewiesen, daß die obigen Resultate bei der theoretischen Berechnung der Verbreiterung einer Linie durch den Doppler-Effekt zu berücksichtigen sind. Die Intensitäten der Wellenlängen für die verschiedenen Geschwindigkeiten im Visionsradius sind nicht bloß proportional der Zahl der Teilchen gleicher Geschwindigkeit, sondern außerdem eine Funktion des Quadrates der Geschwindigkeit. Dies gilt für den Fall des Gleich-

gewichtes zwischen Strahlung und Translation; im Falle des rein thermodynamischen Gleichgewichtes allein darf der Berechnung das Maxwell-Boltzmannsche Verteilungsgesetz zugrunde gelegt werden.

Endlich ergeben sich aus den obigen Resultaten folgende kosmische Konsequenzen. Die Translation eines jeden Himmelskörpers muß, bezogen auf einen ruhenden Beobachter, mit der Emission der optischen Eigenschwingungen seiner Teilchen verknüpft sein. Die Lichtemission mag bei $10^6$ cm·sec$^{-1}$ noch gering sein, muß aber rasch mit dem Quadrat der Geschwindigkeit wachsen und so eine Abnahme der kinetischen Energie (Geschwindigkeit, Umlaufszeit) bedingen. Besteht der Himmelskörper aus einem festen und einem gasförmigen Teil und ist die Lichtemission der zwei Teile entsprechend den optischen Eigenschwingungen ihrer Moleküle verschieden groß, so tritt bei großer Translationsgeschwindigkeit eine Verschiebung der zwei Teile gegeneinander ein. Findet die Translation in bezug auf einen Zentralkörper statt und steigt bei Annäherung an diesen ihre Geschwindigkeit, so orientiert sich die Verschiebung in bezug auf den Zentralkörper. Ist die Temperatur relativ niedrig, so muß bei großer Geschwindigkeit der feste Teil ein kontinuierliches Spektrum ausstrahlen, der gasförmige Teil kann, da noch keine Ionen in ihm vorhanden sind, zwar kein elementares Linienspektrum, aber unter Umständen das Bandenspektrum eventuell vorhandener chemisch zusammengesetzter Gase oder Dämpfe ausstrahlen. Bei höherer Temperatur muß das Bandenspektrum infolge thermischer Zersetzung seiner Träger verschwinden; dagegen kann nunmehr das Linienspektrum der am leichtesten entstehenden und bei relativ kleinen Geschwindigkeiten bereits strahlenden Atomionen infolge der Translation entwickelt werden, nämlich das Linienspektrum der Alkalien. Ob bei den Kometen, deren Geschwindigkeit im Perihel bis zu $5.10^7$ cm·sec$^{-1}$ steigen kann, ein Teil der hierbei auftretenden Erscheinungen auf die hier gezogenen Konsequenzen zurückzuführen ist, bedarf noch einer besonderen Untersuchung.

§ 5. Die Strahlungsintensität verschiedener Serien in Abhängigkeit von der Translationsgeschwindigkeit. — Oben wurde dargelegt, in welcher Weise die Strahlungsintensität innerhalb einer Linienserie von der Translationsgeschwindigkeit abhängt; es zeigte sich, daß das Intensitätsminimum zwischen der ruhenden Linie und dem Streifen der verschobenen Linien um so größer ist, je kleiner die Wellenlänge ist; hieraus folgerten wir, daß innerhalb einer Serie im Zustande des Gleichgewichtes zwischen Strahlung und Translation deren Geschwindigkeit (Temperatur) mit abnehmender Wellenlänge wachsen muß, wenn die Strahlungsintensität konstant bleiben soll.

Wir können nun fragen, welche Unterschiede hinsichtlich der „Art" des Doppler-Effektes zwischen verschiedenen Serien desselben Elements oder verschiedener Elemente auftreten. Unter „Art" des Doppler-Effektes sei verstanden die Intensitätsverteilung im Streifen der verschobenen Linien und vor allem die Breite des Intensitätsminimums. Auf Grund der obigen Darlegungen können wir aus der Breite des Intensitätsminimums folgendes schließen. Je breiter das Intensitätsminimum zwischen der ruhenden Linie und dem Streifen der verschobenen Linien für eine bestimmte Wellenlänge ($\lambda_1$) ist, um so größer muß die Translationsgeschwindigkeit (Temperatur) sein, um bei gleicher Teilchenzahl die Strahlungsintensität $S_1$ zu ergeben; ist für zwei verschiedene Serien die Breite des Intensitätsminimums, berechnet für dieselbe Wellenlänge, verschieden groß, so erscheint diejenige Serie erst bei höherer Translationsgeschwindigkeit (Temperatur), in welcher das Intensitätsminimum breiter ist.

Quecksilber besitzt eine Hauptserie von Duplets (einwertige Atomionen), das erste Glied derselben ist die Linie 2536,72, außerdem besitzt es zwei Tripletserien (zweiwertige Atomionen), hierzu gehören beispielsweise die Linien 4046,78 und 3131,68. Ferner kommen im Quecksilberspektrum noch Linien anderer Art (höherwertige Atomionen) vor, beispielsweise die Linie 4078,05. Vergleicht man die Arten des Doppler-Effektes der drei Liniengruppen miteinander, so fallen ihre großen Unterschiede sofort in die Augen. Das Intensitätsminimum ist bei 2536,72 sehr klein und verwaschen, bei 4046,78 und 3131,68 größer und besser ausgeprägt; noch viel größer ist es bei 4078,05, der Streifen der verschobenen Linien ist hier zu einer schmalen Linie zusammengeschrumpft. In Figur 5 sind die Intensitätsverhältnisse für

Fig. 5.

die drei Linien roh schematisch dargestellt für das Gitterspektrum zweiter Ordnung (1 m Radius). Als Ordinaten sind die Intensitäten, als Abszissen die Abstände eingetragen. Die ruhende Linie (irreguläre Strahlung) ist ausgezogen, der Streifen der verschobenen Linien ist gestrichelt.

Entsprechend diesen Resultaten darf man folgern, daß die Linie 2536,72 bei relativ kleinen Translationsgeschwindigkeiten ihrer Atomionen eine merkliche Intensität besitzt. Erst bei

höheren Translationsgeschwindigkeiten (Temperaturen) dagegen werden die Linien der Tripletserien wahrnehmbar, und noch viel höhere Geschwindigkeiten erfordert die Linie 4078,05, wenn sie im Gleichgewichte zwischen Strahlung und Translation eine merkliche Intensität besitzen soll. Ganz analog ist nun das Verhalten der drei Liniengruppen gegenüber einer Erhöhung der mittleren Temperatur. Die Linie 2536,72 erscheint schon bei der Temperatur der Bunsenflamme[1]); alle anderen Quecksilberlinien sind in der Bunsenflamme noch nicht wahrnehmbar. Im Laboratorium der Firma W. C. Heraeus ist, wie mir gütigst mitgeteilt wurde, folgendes wichtige Resultat gefunden worden. Bei Erhöhung des Druckes, also bei Erhöhung der mittleren Temperatur im Quecksilberlichtbogen nimmt die Intensität der Linie 4078,05 viel rascher zu als die Intensität der Linie 4046,78.

Wie Herr W. Hermann bei der Untersuchung des Doppler-Effektes an Stickstoff gefunden hat und wie er genauer mitteilen wird, tritt jenes Intensitätsminimum zwischen der ruhenden Linie und dem Streifen der verschobenen Linien auch bei den Linien des Stickstoffs auf, und zwar ist dieses Minimum hier breiter und noch besser definiert als bei Wasserstoff. Hieraus ist zu schließen, daß für Stickstoff eine größere translatorische Energie zur merklichen Emission des Linienspektrums notwendig ist als bei Wasserstoff. In der Tat erscheinen bei Wasserstoff die Linien schon bei 1000 Volt Geschwindigkeit der Kanalstrahlen; diejenigen des Stickstoffes sind dagegen bei 1000 Volt Kathodenfall kaum angedeutet in den Spektrogrammen des Kanalstrahlenlichtes, ihre Intensität kann aber, wie ich zusammen mit Herrn W. Hermann[2]) fand, durch Erhöhung der Geschwindigkeit schnell gesteigert werden. Auch ist bekannt, daß das Linienspektrum des Wasserstoffs schon bei kleineren Stromstärken (niedrigeren Temperaturen) des elektrischen Funkens von der positiven Lichtsäule erhalten werden kann als das Linienspektrum des Stickstoffs.

1) Ch. de Watteville, C. R. **142**, 269, 1906.
2) J. Stark u. W. Hermann, diese Zeitschr. **7**, 92, 1906.

Göttingen, 10. März 1906.

(Eingegangen 14. März 1906.)

## Das von einem mitbewegten Beobachter wahrgenommene Feld einer rotierenden geladenen Kugel.

Von A. H. Bucherer.

Man versteht unter elektromagnetischer Feldstärke bekanntlich die Kraft, welche das Feld auf eine im Äther ruhende Einheitsladung, bezw. auf einen im Äther ruhenden Einheitspol ausübt. Aber die Messungen, welche wir auf unserer Erde vornehmen, beruhen auf Wirkungen, die das Feld auf bewegte Pole und Ladungen ausübt. Welche Rolle gerade heute der theoretische Einfluß der jährlichen Bewegung der Erde auf elektromagnetische Erscheinungen spielt, ist bekannt. Aber auch die tägliche Umdrehung der Erde ruft gewisse Wirkungen hervor, die von Interesse sind. Da nämlich die Erde eine Ladung aufweist, so muß ihre Rotation ein berechenbares magnetisches Feld erzeugen und dieses kann mit dem tatsächlich bestehenden dann verglichen werden. Die Maxwellschen Gleichungen liefern zunächst nur die eigentlichen Feldstärken, d. h. die Kräfte, welche auf ruhende Pole und Ladungen ausgeübt werden. In dieser Zeitschrift **6**, 225 und 269, 1905, habe ich das Feld einer rotierenden geladenen Kugel — spezieller eines rotierenden Elektrons — berechnet, und A. Pflüger hat — diese Zeitschrift **6**, 415, 1905 — meine Resultate auf die Rotation der Erde angewandt und sich dabei auf mich bezüglich der Angabe bezogen, daß die auf einen ruhenden Magnetpol ausgeübte Kraft dieselbe sei, wie auf einem mitbewegten Pol. — Ganz allgemein kann man bei Kenntnis der ersteren Kraft die letztere durch Verwendung des Prinzips der Kompensationsladungen ermitteln. Aber diese Methode erfordert oft schwierige Untersuchungen, und gerade im vorliegenden Falle wäre ihre Anwendung nicht zu empfehlen. Eine andere Methode führt aber hier leicht zum Ziele. Es wurde von G. F. C. Searle[1]) gezeigt, daß, wenn es gelingt, die Gleichungen des stationären Feldes einer bewegten Ladung auf die Form zu bringen:

$$\mathfrak{H} = \frac{1}{v}[\mathfrak{u}\mathfrak{D}] - \nabla\varphi \qquad (1)$$

$$\mathfrak{D} = \frac{1}{v}[\mathfrak{H}\mathfrak{u}] - \nabla V, \qquad (2)$$

wo die Bezeichnungen dieselben sind, wie l. c. S. 225, dann die Ausdrücke $-\nabla\varphi$ und $-\nabla V$ die mechanischen Kräfte bedeuten, welche auf einen mitbewegten Einheitspol bezw. auf eine mitbewegte Einheitsladung ausgeübt werden. Diese Ausdrücke bezeichnen also die auf unserer Erde gemessenen Feldstärken $\mathfrak{H}_0$ und $\mathfrak{D}_0$. Die von mir angewandte Methode der Berechnung hat nun gerade den Vorteil, daß die Feldgleichungen die erwähnte Form annehmen. Bezeichnen wir wieder die Werte von $\varphi$ und $V$ im Inneren der Kugel mit $\varphi'$ und $V'$ und die vom mitbewegten Beobachter im Inneren der Kugel gemessenen Feldstärken mit $\mathfrak{H}_0'$ und $\mathfrak{D}_0'$,

1) G. F. C. Searle, Phil. Trans. **187**, 675—713, 1896

so findet man leicht das gesuchte Feld. Ich hatte gefunden für die Potentiale außerhalb der Kugel (l. c.):

$$V = \frac{e}{4\pi r}\left(1 - \frac{1}{3}\frac{w^2 R^2 \sin^2\beta}{v^2}\right) + C_1 \qquad (3)$$

$$\varphi = \frac{1}{12}\frac{we\cos\beta \cdot R^2}{\pi v r^2} - \frac{ew\cos\beta}{4\pi v}\Big) + C_2 \qquad (4)$$

Dann sind die gesuchten Feldstärken der elektrischen und magnetischen Kräfte außerhalb der Kugel, wie sie von einem mitbewegten Beobachter gemessen werden:

$$\left.\begin{aligned} D_{01} &= -\frac{\partial V}{\partial r} = \frac{e}{4\pi r^2}\left(1 - \frac{1}{3}\frac{w^2 R^2 \sin^2\beta}{v^2}\right) \\ D_{02} &= -\frac{1}{r\sin\beta}\frac{\partial V}{\partial \alpha} = 0 \\ D_{03} &= +\frac{1}{r}\frac{\partial V}{\partial \beta} = -\frac{ew^2 R^2 \sin\beta\cos\beta}{6\pi r^2 v^2} \end{aligned}\right| \qquad (5)$$

$$\left.\begin{aligned} H_{01} &= -\frac{\partial \varphi}{\partial r} = \frac{we\cos\beta \cdot R^2}{6\pi v r^3} \\ H_{02} &= -\frac{1}{r\sin\beta}\frac{}{\partial \alpha} = 0 \\ H_{03} &= +\frac{1}{r}\frac{\partial \varphi}{\partial \beta} = -\frac{1}{12}\frac{we\sin\beta \cdot R^2}{\pi v r^3} \\ &\quad + \frac{ew\sin\beta}{4\pi v r} \end{aligned}\right| \qquad (6)$$

Im Inneren der Kugel bestehende Potentiale:

$$V' = -\frac{ew^2 r^2 \sin^2\beta}{12\pi v^2 R} + C_1' \qquad (7)$$

$$\varphi' = -\frac{ewr\cos\beta}{6\pi v R} + C_2'. \qquad (8)$$

Daher bestehen im Inneren der Kugel die Feldstärken:

$$\left.\begin{aligned} D_{01}' &= -\frac{\partial V'}{\partial r} = \frac{ew^2 r\sin^2\beta}{6\pi v^2 R} \\ D_{02}' &= -\frac{1}{r\sin\beta}\frac{\partial V'}{\partial \alpha} = 0 \\ D_{03}' &= +\frac{1}{r}\frac{\partial V'}{\partial \beta} = -\frac{ew^2 r\sin\beta\cos\beta}{6\pi v^2 R} \end{aligned}\right| \qquad (9)$$

$$\left.\begin{aligned} H_{01}' &= -\frac{\partial \varphi'}{\partial r} = \frac{we\cos\beta}{6\pi v R} \\ H_{02}' &= -\frac{1}{r\sin\beta}\frac{\partial \varphi'}{\partial \alpha} = 0 \\ H_{03}' &= +\frac{1}{r}\frac{\partial \varphi'}{\partial \beta} = \frac{we\sin\beta}{6\pi v R} \end{aligned}\right| \qquad (10)$$

Diese Ausdrücke nehmen eine einfachere Form an, wenn die Geschwindigkeit $u = rw\sin\beta$ so klein ist, daß man $\frac{u^2}{v^2}$ vernachlässigen kann. Dies trifft bei der täglichen Rotation der Erde zu. Wir sehen aus diesen Gleichungen folgendes:

Setzt man:

$$\frac{u^2}{v^2} = \frac{r^2 w^2 \sin^2\beta}{v^2} = 0,$$

so wird $D_{01}' = D_{02}' = D_{03}' = 0$. Es verschwinden also die elektrischen Kräfte im Inneren der geladenen Kugel. Auch das äußere Feld $\mathfrak{D}_0$ wird identisch mit $\mathfrak{D}$. Das Oberflächenintegral von $\mathfrak{D}_0$ wird dann denselben Wert annehmen, wie das von $\mathfrak{D}$ und daher wird $e = e_0$. Auch die Verteilung der Ladung bleibt dann unverändert. Ferner findet man, daß $\mathfrak{H}_0' = \mathfrak{H}$ wird.

Nur $H_{03}$, d. h. also die Tangentialkomponente der äußeren magnetischen Kraft, nimmt einen anderen Wert an.

Während somit von 12 Kräften 11 unverändert bleiben, ändert sich als einzige gerade diejenige Kraft, die in die Pflügersche Berechnung eingeht. Dieses merkwürdige und interessante Resultat war mir damals entgangen, als ich Herrn A. Pflüger mitteilte, die von einem ruhenden und einem mitbewegten Beobachter gemessenen Feldintensitäten seien identisch.

Die Anwendung des Prinzips der Kompensationsladungen muß selbstverständlich zu denselben Resultaten wie die vorliegenden führen. Wenn nun Herr R. Gans bei einer Besprechung der Pflügerschen Rechnungen in den Beiblättern **29**, 1252, 1905, bemerkt, sie seien nicht streng, da bei der Berechnung der ponderomotorischen Kräfte auf einen Magneten die Kompensationsladungen hätten berücksichtigt werden sollen, so entspricht dies keineswegs der Sachlage. Die vorliegende Veröffentlichung über die Feldintensitäten $\mathfrak{H}_0$ und $\mathfrak{D}_0$ ist die erste über den Gegenstand. Aus ihr läßt sich erst ersehen, welche Rolle die Kompensationsladungen bei der Rotation einer geladenen Kugel spielen würden.

Bonn, 10. März 1906.

(Eingegangen 13. März 1906.)

## Bemerkung zu der Mitteilung der Frau Sklodowska Curie „Über die Zeitkonstante des Poloniums; Nachtrag“.[1]

Von Stefan Meyer und Egon R. von Schweidler.

Am 1. Februar 1906 überreichten wir der kaiserl. Akademie der Wissenschaften in Wien eine Abhandlung, betitelt: „Untersuchungen über radioaktive Substanzen. VI. Mitteilung: Über Radium $F$ (Polonium)“, deren Resumé[2] lautete:

1) Diese Zeitschrift **7**, 180, 1906.
2) Wiener Anzeiger **4**, 1. Febr. 1906.

„Es wurde aus zehn Anstiegkurven der Restaktivität von Radium im Mittelwerte die Halbierungskonstante von *RaF* zu 138,2 Tagen bestimmt und aus Abfallskurven der Aktivität von Radioblei (drei Beobachtungsreihen) $HC = 134.5$ Tage, von Radiotellur (zwei Beobachtungsreihen) $HC = 136{,}5$ Tage und von Radiowismut (zwei Beobachtungsreihen) $HC = 138.9$ Tage gefunden, so daß sich im Gesamtmittel die Halbierungskonstante $HC = 137{,}0$ Tage, $\lambda = 0{,}00506$ 1/Tage und die mittlere Lebensdauer oder Relaxationszeit $\tau = 197{,}6$ Tage ergibt.

Radioaktives Wismut, das nach der chemischen Vorbehandlung dem Curieschen Polonium gleich war, zeigte sich als reines Radium *F*, nicht, wie bisher angenommen wurde, als Gemisch von *RaD*, *RaE* und *RaF*. Es dürfte daher nichts dagegen einzuwenden sein, für *RaF* den ersten Curieschen Namen Polonium wieder einzuführen.

Im Anhange wird der Versuch gemacht, die Radioelemente in das alte periodische System der Elemente einzuordnen und es werden für den Atomzerfall zwei Momente betont: Erstens die Abnahme des Atomgewichtes, zweitens die Abnahme des Atomvolumens, so daß jeweils stabilere Formen, d. h. solche mit kleinerem Atomvolumen, angestrebt werden."

In der ausführlichen Mitteilung heißt es:

— — — — — — — — — — — — — — —

„4. Polonium. Zur Untersuchung gelangten zwei Präparate, die von den Herren L. Haitinger und C. Ulrich nach dem Curieschen Verfahren, also im wesentlichen durch Abscheidung des Wismuts aus den Pecherzrückständen, und zwar in Form von Nitraten, hergestellt waren.

In dickerer Schichte (ca. 2 cm) senden diese Substanzen keine merkliche $\beta$-Strahlung aus, so daß schon aus dieser Tatsache allein auf das Fehlen von *RaE* (und somit auch von *RaD*) geschlossen werden kann.

Der zeitliche Verlauf der Aktivität bestätigt diese Annahme, indem sich für die Logarithmen ein linearer Gang ergibt, der für die Halbierungskonstante die Werte

$HC = 140$ Tage, bezw. 137,8 Tage

liefert, wie dies die folgenden beiden Tabellen und deren graphische Darstellung in der Textfigur 3 zeigen."

— — — — — — — — — — — — — — —

„Der wesentliche radioaktive Bestandteil einer poloniumhaltigen Substanz ist also unzweifelhaft *RaF*; die öfters gemachte Annahme (z. B. von Rutherford, Marckwald u. a.), daß Polonium kein einheitlicher Stoff, sondern eine Mischung von *RaD*, *RaE* und *RaF* sei, ist auf eine vereinzelte Angabe M. Curies[1]) zurückzuführen, daß die Halbierungskonstante eines Präparates ca. 11 Monate betragen habe; da aber die Verf. an derselben Stelle für andere Präparate andere Zeitkonstanten angibt, die ausschließliche Emission von $\alpha$-Strahlen aber stets als charakteristisch für Polonium hinstellt, sind wohl jene Abweichungen teils auf zufällige Beimengungen von *RaD* in noch nicht vollkommen gereinigtem Polonium-Wismut (die ersten Fraktionen enthalten nach M. Curie[2]) auch Kupfer und Blei, somit höchstwahrscheinlich auch *RaD*), teils auf die Unsicherheit der ja damals noch minder ausgebildeten Methoden der Aktivitätsbestimmungen zurückzuführen.

Der Wiedereinführung des ursprünglichen Namens „Polonium" für *RaF* dürfte daher unserer Ansicht nach nichts mehr im Wege stehen."

Wie man hieraus ersieht, haben wir gerade das Gegenteil von dem behauptet, was Frau Curie in ihrem Nachtrag als unsere Anschauung bekämpft und sind vielmehr zu dem gleichen Resultate gekommen, wie Frau Curie selbst. Damit sind auch alle von der Verfasserin daran geknüpften Bemerkungen gegenstandslos geworden.

Es ist zu vermuten, daß bloß eine mangelhafte Übersetzung ins Französische zu diesem Mißverständnisse geführt hat.

1) M. Curie, Recherches sur les substances radioactives, S. 31 und 122, 1903.
2) l. c. S. 29.

Wien, 12. März 1906.

(Eingegangen 13. März 1906.)

## Die Darstellung von Kraftlinien und die Dielektrizitätskonstante.

Von W. Holtz.

M. Seddig behandelt (diese Zeitschr. 6, 414, 1905) einen von L. Puccianti beschriebenen Versuch, welcher zeigen soll, daß aufsteigende Luftbläschen von einer elektrischen Kugel in Flüssigkeiten von größerer Dielektrizitätskonstante eine Abstoßung erfahren, findet aber, daß der Erfolg aus verschiedenen Gründen, und namentlich wegen der Strömungen, welche die elektrische Einwirkung in der Flüssigkeit erzeugt, äußerst unsicher ist. Er meint aber, daß sich der gleiche Effekt leicht mit einem an einem Kokonfaden zwischen Elektroden hängenden Ebonitstäbchen zeigen lasse und zwar in Rizinusöl, dessen Dielektrizitätskonstante größer als die des Ebonits sei, da das Stäbchen bei elektrischer Einwirkung sich immer äquatorial stelle. Damit hänge zusammen, daß die Darstellung von Kraftlinien in isolierenden

Flüssigkeiten bedinge, daß die Dielektrizitätskonstante der suspendierten Pulver größer als diejenige der Flüssigkeit sei.

Ich habe den Pucciantischen Versuch wiederholt und zwar in verschiedenen Flüssigkeiten, in Vaselinöl, wie Puccianti vorschlug, und auch in Oliven- und Terpentinöl und anderen, aber stets mit negativem Erfolg, auch dann, als ich nach Seddigs Vorgang statt der Elektrisiermaschine den Induktionsapparat nahm. Ebensowenig ist mir aber das Seddigsche Experiment gelungen. Weder in Rizinusöl noch in Olivenöl, weder mit der Elektrisiermaschine noch mit dem Induktionsapparat habe ich die fragliche äquatoriale Einstellung des Stäbchens konstatieren können, sei es wegen der Zähflüssigkeit der Medien, namentlich des Rizinusöls, sei es wegen der Strömungen bei Wirkung der Elektrisiermaschine. Beim Induktionsapparat fand überhaupt keine Bewegung statt, doch will ich bemerken, daß mir nur ein solcher mit 2—3 cm großer Funkenlänge zu Gebote stand.

Gleichwohl möchte ich glauben, daß der interessante Grundgedanke beider Experimente richtig ist und der scheinbare Mißerfolg nur in Nebenumständen liegt. Ich möchte dies glauben, weil ein Ebonitstäbchen in Petroleum, also einer Flüssigkeit von kleinerer Dielektrizitätskonstante, sich entschieden axial einzustellen sucht und erst recht in der Luft, wo es zwischen entgegengesetzten elektrischen Elektroden um diese Lage pendelt, als ob es ein Leiter wäre. Freilich schien dagegen zu sprechen, daß bei einem Induktionsapparate, also bei alternierender Polarität, diese Einstellung wieder sehr unsicher wird. Aber ich sah ein, daß der Induktionsapparat hier überhaupt nicht an der Stelle sei, da die Verschiebung der Elektrizitäten innerhalb der Moleküle, wie man ja auch anzunehmen pflegt, einer gewissen Zeit bedarf und bei schnellem Polwechsel gar nicht zustande kommt, weshalb auch die Darstellung elektrischer, den Kraftlinien entsprechender Figuren mit dem Induktionsapparate nicht gelingt, so wenig wohl auch magnetische Figuren bei schnell wechselndem magnetischen Polwechsel zu erzeugen wären. Ich will auch mit Seddig glauben, daß die Darstellung elektrischer Kraftlinien mit isolierenden Pulvern nur gelingt, wenn ihre Dielektrizitätskonstante größer als die der Flüssigkeit ist. Andererseits meine ich, daß es sich bei den mehr oder weniger leitenden Pulvern, welche man am besten nimmt, mehr um das Leitungsvermögen als um die Dielektrizitätskonstante handelt, und meine auch sonst, daß man solche elektrische Figuren nicht ohne weiteres mit den magnetischen vergleichen kann.

Ich habe mich vor Jahren mit der Darstellung solcher Figuren beschäftigt (Pogg. Ann. Erg. **7**, 490, 1875, und Mitth. des nat. Ver. f. Neuvorp. u. Rügen **12**, 57, 1880) in ganz ähnlicher Weise, wenn auch nach teilweise anderen Gesichtspunkten, als es später von Seddig geschah (Ann. d. Phys. **11**, 817, 1903). Ich dachte weniger an den Unterschied der Dielektrizitätskonstanten, als an den Unterschied der Leitungsfähigkeit und meinte überhaupt wegen der in den Linien herrschenden Bewegung, daß es mehr eine elektrodynamische als elektrostatische Erscheinung sei. Man sieht die suspendierten Partikelchen förmlich hin- und herrutschen, also etwas ganz anderes, als man bei magnetischen Figuren sieht. Aber noch ein weiterer Unterschied waltet vor, die polare Verschiedenheit, welche den magnetischen Figuren fehlt, und die gleichfalls nicht mit der Dielektrizitätskonstante zusammenhängen kann. Ich meine, daß die Linien bei einzelnen Stoffen mehr am positiven, bei anderen mehr am negativen Pole hängen, je nachdem das betreffende Pulver mehr vom einen oder anderen Pole angezogen wird. Ich vermutete seinerzeit, daß diese polarunterschiedliche Anziehung mit der Form der Moleküle zusammenhänge, ohne jedoch eine nähere Erklärung geben zu können.

Ich möchte hier die Gelegenheit wahrnehmen zu bemerken, daß nicht ich, wie ich damals glaubte, der Entdecker dieser Figuren in isolierenden Flüssigkeiten war, sondern daß sie zuerst von E. Reitlinger und F. Kraus gelegentlich anderer Versuche gesehen wurden, wie diese Herren in ihrer Arbeit „über Brandes elektrochemische Untersuchungen" (Wiener Akademieber. **46**, 2. Abt., S. 376, 1863) berichten, was mir entgangen war, da ich in einer Arbeit mit dieser Überschrift nicht wohl etwas Ähnliches vermuten konnte. Studiert aber nach verschiedenen Richtungen, auch bezüglich ihrer Verwandtschaft mit den Lichtenbergschen Figuren, und — wie die meiner zweiten Arbeit beigefügten Abbildungen beweisen — in sehr verschiedener Weise dargestellt wurden sie zuerst von mir.

(Eingegangen 16. Januar 1906.)

## Die Leitfähigkeit der Luft in bewohnten Räumen.

Von Henri Dufour.

In der englischen Zeitschrift „Nature"[1]) führt Herr Ashworth eine ganze Reihe von Tatsachen an, welche nach seiner Ansicht beweisen, daß die vom Menschen ausgeatmete Luft besondere leitende Eigenschaften hat, und daß

1) Nature **70**, 454, 1904.

sie sich infolgedessen verhält, als wenn sie reicher an Ionen wäre als die Luft der freien Atmosphäre.

Herr Ashworth stützt diese Ansicht auf die folgenden Tatsachen:

1. Der elektrische Funke aus einer Wimshurstschen Maschine hat in Luft, in welcher geatmet worden ist, eine andere Länge als in reiner Luft;

2. ein mit einem Elektroskop in Verbindung stehender elektrisch geladener Zylinder entlädt sich schneller in der Luft eines bewohnten Raumes als in der freien Luft;

3. die Isolation eines elektrischen Apparates, und besonders eines Elektroskops, ist schlecht in solchen Sälen, welche von einer großen Anzahl von Personen benutzt werden und ungenügend ventiliert sind.

Die Herren Elster und Geitel erwähnen in einem Artikel in dieser Zeitschrift[1]) diese Beobachtungen des Herrn Ashworth und beschreiben daselbst Versuche, welche sie angestellt haben, um sich davon zu überzeugen, ob die von den Lungen ausgeatmete Luft besondere leitende Eigenschaften zeige; das Ergebnis ihrer Untersuchungen ist, daß ein Elektroskop sich unter einer Glocke, in die man eine gewisse Menge von den Lungen ausgeatmete Luft einführt, weder schneller noch langsamer entlädt als in gewöhnlicher Luft; sie folgern daraus, daß diese Luft keinen höheren Ionisationsgrad besitzt als die freie Luft und daß die Ergebnisse der Untersuchungen des Herrn Ashworth mit einer unbekannten Fehlerquelle behaftet sein müssen.

Bei dieser Gelegenheit stellten die Herren Elster und Geitel interessante Versuche an mit der ausgeatmeten Luft einer Person, des Herrn Giesel, welche täglich mehrere Stunden lang mit radioaktiven Substanzen arbeitete. Sie stellten fest, daß Herr Giesel achtzehn Stunden nach Verlassen seines Laboratoriums aus seinen Lungen noch radioaktive Luft ausatmet, deren Eigenschaften die gleichen sind, wie sie der Emanation $X$ des Herrn Rutherford zukommen.

Der menschliche Organismus kann sich sonach mit radioaktiven Substanzen schwängern, welche langsam und allmählich durch die Ausscheidungsprodukte des Körpers wieder frei werden, sei es nun auf dem Wege der Atmung, sei es durch die Absonderungen der Nieren.

Trotz des negativen Ergebnisses der Versuche der Herren Elster und Geitel über die Leitfähigkeit der ausgeatmeten Luft kann man sich fragen, ob die von Herrn Ashworth beobachteten Erscheinungen nicht auf einer Leitfähigkeitszunahme der Luft beruhen, welche wir der Kürze halber als „bewohnte" bezeichnen wollen, das heißt der Luft, in welcher Menschen leben.

Bereits im Jahre 1902 haben wir einige Versuche angestellt über die Entladung eines Elektroskops im Vorlesungssaale des physikalischen Instituts der Universität Lausanne vor und nach den Vorlesungen, und wir haben dabei stets einen Unterschied festgestellt. Wir haben diese Untersuchungen seit dem Monat März 1904 systematisch wieder aufgenommen und sie variiert; die erhaltenen Resultate dürften einiges Interesse bieten, und dieser Umstand veranlaßt uns, sie hier zusammenzustellen.

Die Beobachtungen über die Elektrizitätszerstreuung durch die Luft wurden mit zwei Apparaten angestellt, und zwar: 1. mit einem Aspirationsapparat nach H. Ebert aus der Fabrik von Günther & Tegetmeyer und von dieser Firma geeicht[1]); 2. mit einem Apparat nach Elster und Geitel, bestehend aus Exnerschem Elektroskop mit Bernsteinisolation, isoliertem Zylinder und konzentrischer metallischer Hülle mit einem Deckel, welcher den isolierten Zylinder gegen die äußeren Einflüsse schützt.[2])

Zur Messung der Luftzerstreuung wurde, wie üblich, der Potentialabfall an den Aluminiumblättchen während 15 Minuten beobachtet und als Maß für die Zerstreuung der Potentialabfall angenommen, welcher zwischen der fünften und der fünfzehnten Minute, also während eines Zeitraumes von 10 Minuten beobachtet wurde. Der Zerstreuungskoeffizient ist durch das Verhältnis $\frac{dV}{V}$ gegeben; in diesem Ausdruck ist $dV$ der Potentialabfall in einer Minute in einem Zeitpunkt, wo das Potential den Wert $V$ hat. Da dieser Koeffizient sehr klein ist, so wird er mit 100 multipliziert; die bei den folgenden Versuchen angegebenen Zahlenwerte sind also $100\,\frac{dV}{V}$, entsprechend den Anweisungen von Riecke[3]); die Elektrometer sind in Volt geeicht.

Die Beobachtungen wurden zunächst in den Jahren 1904 und 1905 im physikalischen Hörsaal angestellt. Der Rauminhalt desselben beträgt 400 $m^3$. Die Vorlesungen daselbst werden, je nach der Art des Vortrages, von 50 bis 140 Hörern besucht. Es finden oft zwei, zuweilen drei Stunden hintereinander Vorlesungen statt. Ein im oberen Teile des Saales angebrachter Ventilator führt die Luft aus einem großen an das Auditorium anstoßenden

1) Diese Zeitschr. 5, 729, 1904.

1) Diese Zeitsch. 2, 662, 1901.
2) Diese Zeitschr. 1, 11, 1899 und 4, 137, 1902.
3) Münchener Sitzungsberichte, math.-phys. Kl. 1903, Heft 2.

Korridor zu. Wenn viele Studenten anwesend sind und zwei Stunden Vortrag aufeinander folgen, so tritt der Ventilator in Tätigkeit.

Wir lassen nun einige der erhaltenen Resultate folgen:

25. November 1904. Aspirationselektrometer; negative Elektrizität.

Zerstreuungskoeffizient vor der Vorlesung . . . . . $\alpha = 0{,}20$;
nach drei Stunden Vorlesung, davon eine Stunde mit Ventilation . . . . . $\alpha_1 = 0{,}58$;

Verhältnis $\frac{\alpha_1}{\alpha} = 2{,}9$.

28. November 1904. — Dieselben Apparate.

Vor der Vorlesung . . . . $\alpha = 0{,}19$;
nach zwei Stunden Vorlesung bei kräftiger Ventilation . . . $\alpha = 0{,}19$;
um $4^h 15^m$, nach zwei Stunden Vorlesung ohne Ventilation . . $\alpha_1 = 0{,}72$;

Änderung $\frac{\alpha_1}{\alpha} = 3{,}8$.

1. Dezember 1904.

Vor der Vorlesung . . . . $\alpha = 0{,}15$;
nach der Vorlesung, ohne Ventilation . . . . . $\alpha_1 = 0{,}94$;

Verhältnis $\frac{\alpha_1}{\alpha} = 6{,}2$.

31. Oktober 1905.

Vor einem von 60 Schülern besuchten Vortrag . . . . . $\alpha = 0{,}31$;
nach dem zweistündigen Vortrag $\alpha_1 = 0{,}83$;

Verhältnis $\frac{\alpha_1}{\alpha} = 2{,}7$;

in der äußeren Luft . . . . $\alpha' = 0{,}43$.

1. November 1905.

Vor einem von 130 Schülern besuchten Vortrag . . . . . $\alpha = 0{,}43$;
nach einstündigem Vortrag bei Ventilation . . . . . $\alpha_1 = 0{,}52$;

Verhältnis $\frac{\alpha_1}{\alpha} = 1{,}2$,

Die Wimshurstsche Maschine gibt vor der Vorlesung Funken von 4,8 cm bis 4,9 cm Länge. Nach der Vorlesung sind die Funken 2,6 cm lang. Die Maschine war während des einstündigen Vortrags in einen anderen, unbewohnten Raum gebracht worden.

Diese durchaus übereinstimmenden Resultate ließen sich beliebig vermehren; der Zerstreuungskoeffizient $\alpha_1$ nach den Vorlesungen ist immer größer als der Koeffizient $\alpha$ vor der Benutzung des Auditoriums, gleichgültig, welches Zeichen die elektrische Ladung hat.

Das Verhältnis $\frac{\alpha_1}{\alpha}$ schwankte zwischen 1,2 und 6,2; das Mittel aus neun Beobachtungsreihen ergibt 2,87.

Die Ergebnisse dieser Versuche werden bestätigt durch die im Schlafzimmer erhaltenen. Bei diesen Versuchen wurde der Koeffizient der Leitfähigkeit einmal abends nach der Lüftung bestimmt, nachdem das Zimmer tagsüber unbewohnt gewesen war, das andere Mal am Morgen, bevor die Fenster geöffnet wurden.

Die Beobachtungen wurden in zwei Zimmern angestellt. Das eine von ihnen, welches wir „das große" nennen wollen, hat einen Rauminhalt von 74 $m^3$; es wird nachts von zwei Personen bewohnt; das andere, „das kleine", hat einen Rauminhalt von 47 $m^3$ und wird nachts von einem jungen Manne bewohnt. Diese Zimmer gehören zu einer Wohnung im Erdgeschoß einer isoliert inmitten eines Gartens gelegenen Villa; das nächste Haus ist 12 m entfernt.

Das große Zimmer hat zwei Außenwände, das kleine eine Außenwand; beide Zimmer werden durch Glühlampen beleuchtet und mit Warmwasserradiatoren geheizt und sind mit Doppelfenstern versehen, welche über Nacht geschlossen gehalten werden.

Es findet also in diesen Zimmern keinerlei Verbrennung durch Beleuchtungs- oder Heizapparate statt. Die Fußböden sind aus Eichenholz. Endlich ist das Haus neu erbaut und seit achtzehn Monaten bewohnt.

Im folgenden geben wir die Resultate der mit dem Elster und Geitelschen Apparate ohne Aspiration gemachten Beobachtungen:

Großes Zimmer mit Fenstern gegen Süden; negative Elektrizität:

abends $\alpha = 0{,}96$ morgens $\alpha_1 = 2{,}09$
$\frac{\alpha_1}{\alpha} = 2{,}2$,

abends $\alpha = 0{,}74$ morgens $\alpha_1 = 1{,}60$
$\frac{\alpha_1}{\alpha} = 2{,}16$,

abends $\alpha = 1{,}26$ morgens $\alpha_1 = 1{,}67$
$\frac{\alpha_1}{\alpha} = 1{,}33$.

An dem Tage, an welchem diese letzte Beobachtung gemacht wurde, wehte ein sehr heftiger Nordwind, welcher auf der größeren der beiden Außenwände des Zimmers stand.

Zimmer für eine Person, Fenster nach Norden:

abends $\alpha = 1{,}05$ morgens $\alpha_1 = 1{,}46$
$\frac{\alpha_1}{\alpha} = 1{,}39$,

abends $\alpha = 0{,}90$ morgens $\alpha_1 = 1{,}23$
$\frac{\alpha_1}{\alpha} = 1{,}36$.

Die folgenden Beobachtungen wurden mit beiden Elektrizitäten angestellt.

Positive Elektrizität.

Großes Zimmer

abends $\alpha = 0{,}96$ morgens $\alpha_1 = 1{,}90$

$$\frac{\alpha_1}{\alpha} = 2{,}0.$$

Kleines Zimmer

abends $\alpha = 0{,}83$ morgens $\alpha_1 = 1{,}19$

$$\frac{\alpha_1}{\alpha} = 1{,}43.$$

Negative Elektrizität.

Großes Zimmer

abends $\alpha = 1{,}09$ morgens $\alpha_1 = 1{,}80$

$$\frac{\alpha_1}{\alpha} = 1{,}83.$$

Kleines Zimmer

abends $\alpha = 0{,}90$ morgens $\alpha_1 = 1{,}23$

$$\frac{\alpha_1}{\alpha} = 1{,}36.$$

Wie man sieht, ist das Verhältnis der Leitfähigkeitszunahme vom Abend zum Morgen im Mittel im großen Zimmer 1,90 und im kleinen nur 1,39. Tatsächlich ist das Luftvolumen des kleinen Zimmers für eine Person verhältnismäßig größer als das des großen Zimmers für zwei Personen; die Luft ist also in ersterem weniger verdorben als in letzterem. Des weiteren stellt man fest, daß das Verhältnis des Zerstreuungskoeffizienten in beiden Zimmern für die positive Elektrizität etwas größer ist als für die negative, aber der Unterschied ist nur schwach.

Es erscheint uns hiernach der Schluß wohl begründet zu sein, daß die verschiedenen Atmungsprodukte der Lunge und der Haut, kurz alle gasförmigen Ausscheidungsprodukte, welche der menschliche Körper abgibt, eine merkliche Wirkung auf die Elektrizitätszerstreuung eines isolierten Körpers haben. Die Kontrollversuche, welche wir in dem einige Tage lang unbewohnten kleinen Zimmer angestellt haben, haben gezeigt, daß keine merkliche Veränderung des Zerstreuungskoeffizienten $\alpha$ zwischen abends und morgens stattfindet, wenn das Zimmer nicht bewohnt wird.

Lausanne, im Januar 1906.

(Aus dem Französischen übersetzt von Max Iklé.)

(Eingegangen 3. Februar 1906.)

## Das magnetische Altern des Eisens und die Molekulartheorie des Magnetismus.

Von D. Mazzotto.

Eine große Zahl in letzter Zeit entdeckter resp. näher untersuchter Erscheinungen, wie die Nullpunktsverschiebungen in Thermometern, die elastische Nachwirkung, die Bildung von Legierungen an der Berührungsschicht zweier Metalle, deuten darauf hin, daß die festen Körper langsamen, aber stetigen Umwandlungsprozessen unterworfen sind, die die molekulare Struktur und die Eigenschaften der Körper verändern.

Dieser langsame Prozeß, den man als Altern oder Reifen bezeichnen kann, wird durch alle solche Ursachen gefördert, die das Bestreben haben, die Beweglichkeit der Moleküle zu erhöhen, wie Stöße, starker Druck, Temperaturerhöhung u. dergl.

Einer der Stoffe, bei denen das Studium der durch den Alterungsprozeß hervorgerufenen Umwandlungen ein besonderes Interesse beansprucht, ist das Eisen, da bei ihm den Änderungen seiner molekularen Struktur solche seiner magnetischen Eigenschaften entsprechen müssen, da beide nach der Molekulartheorie des Magnetismus miteinander zusammenhängen. Der Gegenstand ist daher geeignet, das besondere Interesse der Elektrotechnik zu erregen, die ja in hervorragendem Maße die magnetischen Eigenschaften des Eisens ausnutzt.

Tatsächlich haben die Elektrotechniker zuerst bemerkt, daß die magnetischen Konstanten des Eisens sich im Laufe der Zeit ändern. Partrige[1]) beobachtete, daß längere Zeit hindurch benutzte Transformatoren mehr Energie konsumieren als neuere, um einen vorgeschriebenen Grad der Magnetisierung zu erreichen.

Man schrieb diese Erscheinung zunächst einer Art „magnetischen Ermüdung" zu, hervorgerufen durch die häufige Wiederholung des Magnetisierungszykels. Später zeigte Mordey[2]), daß die Erwärmung, die die Eisenkerne während des Betriebes erleiden, die Ursache der beobachteten Erscheinung ist.

Systematisch wurde der Gegenstand dann von Roget[3]) bearbeitet. Er setzte Eisenmassen lange Zeit konstanten Temperaturen zwischen $50^0$ und $700^0$ aus und fand, daß hierbei ihre magnetische Hysteresis zunahm. Diese Zunahme war bei hohen Temperaturen beinahe unmerklich, erreichte aber bei mittleren Temperaturen bedeutende Werte und bot bei ca. $180^0$ ein Maximum. Bei dieser Temperatur wurde eine Zunahme der Hysteresis von bis zu $150\,\%$ des Anfangsbetrages beobachtet. Während Roget diese Untersuchungen anstellte, studierte ich eine andere magnetische Erscheinung des Eisens, die sogenannte „magnetische Nachwirkung" (M. S.).[4, 5]) Beim Vergleiche meiner Resultate

1) G. W. Partrige, Electrician, 7. Dez. 1894.
2) W. M. Mordey, Proc. Roy. Soc. London, **57**, 224, 1895.
3) S. R. Roget, Proc. Roy. Soc. London, **63**, 396 u. **64**, 150, 1898.
4) M. S. = magnetismo sosseguente. D. Übers.
5) D. Mazotto, Nuov. Cim. (4) **11**, 81.

mit denen Rogets fand ich dann, daß bei in gleicher Weise behandeltem Eisen die Hysteresis und die magnetische Nachwirkung M. S. sich im entgegengesetzten Sinne änderten. So zeigt das bei heller Rotglut geglühte Eisen ein Maximum der M. S., dagegen ein Minimum der Hysteresis. Durch weitere Behandlung mit niederen Temperaturen nahm die M.S. ab, während die Hysteresis wuchs, bis bei etwa 130° erstere ein Minimum, letztere ein Maximum erreichte. Bei weiterer allmählicher Erniedrigung der Behandlungstemperatur sank die M. S. und wuchs die Hysteresis, aber immer langsamer. Aber auch bei Zimmertemperatur fand ich eine langsame Verminderung der M. S., wie auch Roget eine bemerkbare Zunahme der Hysteresis beobachtet hatte.

Dieses auffallende Zusammengehen beider Erscheinungen, obwohl scheinbar zusammenhanglos, konnte nicht zufällig sein und führte mich zu dem Schlusse, daß die in beiden Fällen beobachteten Änderungen einer und derselben Ursache zuzuschreiben seien.

Die Molekulartheorie des Magnetismus, nach der die magnetischen Erscheinungen bedingt sind durch die Orientierung der Elementarmagnete, aus denen die magnetischen Körper bestehen, führte dann zu der Anschauung, daß die durch das Altern auf Hysteresis und M. S. ausgeübten Änderungen in solchen Strukturänderungen begründet sind, daß sich beide Eigenschaften im entgegengesetzten Sinne ändern. Diese Dinge sind aber schwierig zu übersehen und zum Teil auch noch zu dunkel, als daß man auf Grund derartiger Überlegungen ohne weiteres eine einfache und experimentell kontrollierbare Hypothese über die Natur der erwähnten Änderungen geben könnte.

Zur Erleichterung der Aufgabe unternahm ich es, den Einfluß des Alterns auf die drei Größen Suszeptibilität, Remanenz und Koerzitivkraft, von denen besonders die Hysteresis des Eisens abhängt, bei verschiedenen Temperaturen besonders zu untersuchen und sie in einigen Beobachtungsreihen mit Messungen der M. S. zusammenzustellen.

Die Ergebnisse dieser Untersuchungen, die sich entsprechend ihrer Natur durch lange Zeiträume ausdehnen mußten, zumal die über das Altern bei normaler Temperatur, habe ich in einer Reihe von Veröffentlichungen in „Nuovo Cimento" ausführlich mitgeteilt, in denen auch der Leser experimentelle Einzelheiten finden kann.

Untersucht wurden hauptsächlich vier Eisensorten: Best-, schwedisches und deutsches Eisen und Werkzeugstahl. Obwohl nun quantitativ die Änderungen verschieden waren (sie waren bei der ersten Sorte besonders stark, bei den andern schwächer), so waren doch qualitativ die Gesetze, nach denen sie verliefen, dieselben.

Um einen kurzen Überblick über den Sinn und die Größenordnung der so erhaltenen Änderungen zu geben, mögen die folgenden Tabellen I und II genügen, die allein die bei einem Stabe Best-Eisen beobachteten Werte wiedergeben.

## Tabelle I.

Änderungen der magnetischen Konstanten des (Best-)Eisens nach vorhergehender Erhitzung durch den Alterungsprozeß.

Behandlungstemperatur:

| 360° | 180° | 159° | 131° | 100° | 80° | 62° | 46° | norm. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|

Dauer der Änderungszeit:

| Stunden | | | | | Tage | | | Mon. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1 | 3 | 10 | 88 | 5 | 14 | 38 | 30 |

Zunahme der Hysteresis in Prozent:

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | +71 | +100 | +153 | +148 | +141 | +148 | +194 | — |

Verminderung der Suszeptibilität in Prozent:

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $H=40$ | −1 | −1 | −1 | −2 | 0 | −1 | 0 | 0 | 0 |
| $H=5$ | −10 | −16 | −38 | −52 | −51 | −48 | −43 | −35 | −22 |
| $H=0{,}5$ | 0 | −38 | −60 | −63 | −72 | −75 | −75 | −69 | −58 |

Feld für maximale Suszeptibilität (nach der Erhitzung $H=6$).

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $H=$ | 8 | 8 | 11 | 12 | 11 | 10 | 10 | 10 | — |

Zunahme der Remanenz in Prozent:

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $H=40$ | 0 | +91 | +154 | +209 | +164 | +173 | +146 | +119 | — |
| $H=5$ | +28 | +95 | +162 | +217 | +167 | +172 | +155 | +128 | +89 |

Zunahme der Koerzitivkraft in Prozent:

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $H=40$ | +9 | +75 | +151 | +208 | +200 | +200 | +150 | +125 | — |

Abnahme der magnetischen Nachwirkung in Prozent:

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $H=0{,}3$ | −60 | −74 | — | −100 | −77 | — | — | — | −72 |

## Tabelle II.

Änderungen der magnetischen Konstanten des Best-Eisens maximal gealtert bei 130°, dann bei anderen Temperaturen weiter gealtert.

| Temperatur der II. Alterung . . | | 360° | 180° | 159° | 62° |
|---|---|---|---|---|---|
| Änderung in % für $H=5$ | der Suszeptibilität | +101 | +23 | +11 | −15 |
| | der Remanenz . | −57 | −11 | −3 | +6 |

Aus diesen Tabellen lassen sich folgende Sätze entnehmen:

I. Die Alterungsdauer, d. h. die Zeit, die der Stab erfordert, um einen merkbar konstanten Zustand zu erlangen, nimmt mit sinkender Temperatur zu.

II. Die Zunahme der Hysteresis mit der Alterung ist begleitet von einer Abnahme der Suszeptibilität und einer Zunahme der Remanenz und der Koerzitivkraft.

III. Die Abnahme der Suszeptibilität ist bei starken Feldern fast unmerklich. Sie ist aber in mittelstarken und besonders in schwachen Feldern bedeutend.

IV. Im Laufe der Alterung nimmt die Feldstärke, der das Maximum der Suszeptibilität entspricht, zu.

V. Die magnetische Nachwirkung nimmt mit dem Altern ab und kann sogar vollständig verschwinden.

VI. Bis zu einer bestimmten Grenze (131°) nimmt der durch das Altern hervorgerufene

Effekt mit fallender Temperatur zu; jenseits dieser Grenze nimmt er ab.

VII. Eisen, das bei 131° maximal gealtert ist, büßt bei höheren Temperaturen wieder einen Teil der erworbenen Eigenschaften ein. Es hat dabei die Tendenz, jenen geringeren Alterungsgrad anzunehmen, der dieser Temperatur entspricht. Umgekehrt nimmt bei niedrigeren Temperaturen der Grad der Alterung noch langsam weiter zu.

Diese Tatsachen zeigen, daß jeder Temperatur ein bestimmter Zustand des Eisens entspricht, der durch die Werte seiner magnetischen Konstante charakterisiert ist, daß aber dieser Zustand vom Eisen nicht gleichzeitig mit der Temperatur angenommen wird, sondern mit einer um so größeren Verzögerung, je tiefer die Temperatur ist.

Die Verzögerung, die für Temperaturen nahe 360° einige Stunden beträgt, wächst auf einige Tage für Temperaturen nahe 100° und beträgt Monate und Jahre für Temperaturen nahe der normalen.

Diese Verzögerung, die man als „thermomagnetische Hysteresis" bezeichnen kann, bewirkt, daß das Eisen, das nicht hinreichend bei der Temperatur, auf der es sich befindet, gealtert ist, magnetische Eigenschaften besitzt, die einer höheren Temperatur entsprechen.

Die thermomagnetische Hysteresis bewirkt im besondern, daß Eisen bei normaler Temperatur lange Zeit magnetische Eigenschaften ähnlich denen des rotglühenden Eisens bewahrt, wenn man es sofort nach dem Glühen abkühlt. Läßt man es aber nach dem Glühen mehr oder weniger vollständig altern bei einer Temperatur, die niedriger als die Glühtemperatur ist, so zeigt es lange Zeit magnetische Eigenschaften, ähnlich denen, die dieser Temperatur entsprechen.

Die Gesamtheit der beim Altern des Eisens beobachteten Erscheinungen läßt sich, meiner Ansicht nach, in einfacher Weise auf Grund der Molekulartheorie des Magnetismus deuten, wenn man die Hypothese macht, daß während des Alterns die Elementarmagnete, aus denen das Eisen besteht, sich in geschlossenen Ketten ordnen, indem sie mit entgegengesetzten Polen sich aneinanderhängen.

In der Tat werden bei hoher Temperatur die heftigen Bewegungen der Moleküle, die nach Ewing vielleicht vollständige Rotationen werden können, jede vorhandene Gruppierung der Elementarmagnete zerstören. Dieselben werden dann bei plötzlicher Abkühlung in ihrer vollständigen Unordnung überrascht und in ihr verbleiben. Es wird daher jede Spur eines vorhergehenden Alterungsprozesses (im Sinne der Hypothese) verwischt sein, was durch die Beobachtung bestätigt wird.

In diesem Zustand sind die Kräfte, die die Elementarmagnete aufeinander ausüben, so klein wie möglich. Es wird daher schon eine kleine Kraft hinreichen, um sie in größerem Maße zu orientieren. Das Eisen zeigt daher eine relativ hohe Suszeptibilität, wie wir sie tatsächlich bei frisch geglühtem Eisen beobachten.

Dauert hingegen die Abkühlung lange Zeit, so können allmählich die gegenseitigen Anziehungskräfte der Pole die ursprüngliche ungeordnete Lage so umgestalten, daß die Moleküle in winkeliger oder auch linienartiger Verteilung sich ordnen, so immer, daß entgegengesetzte Pole einander näher kommen. So werden sich dann auch Gruppen bilden, in denen die Moleküle sich in geschlossenen Kettenzügen geordnet haben, Formationen, die nach unserer Hypothese den Charakter der Alterung bedingen.

Die Wirkung dieser Gruppierungen, deren einfachste Form in der Figur dargestellt ist, wird verschieden sein, je nachdem sich das Eisen im ersten, zweiten oder dritten Stadium der Magnetisierung befand.

Im ersten Stadium erfahren die Elementarmagnete nur schwache, winkelige und umkehrbare Verschiebungen; die Gruppen bleiben noch bestehen. Da die Bewegung durch die gegenseitige Anziehung gehindert wird, ist eine größere Feldstärke nötig, um eine bestimmte Verschiebung hervorzurufen. Die Suszeptibilität erscheint daher viel kleiner als beim frisch geglühten Material.

Im zweiten Stadium hat die Feldstärke schon hinreichende Werte erreicht, um die Moleküle so stark zu drehen, daß sie nicht wieder allein sich zurückdrehen, und zwar geschieht diese Drehung parallel zum Feld. Es lösen sich daher schon bestehende Gruppen wieder auf. Die Suszeptibilität nähert sich daher dem Betrage, den sie im frisch geglühten Eisen hat. Sie bleibt jedoch immer kleiner als dort, da die Zahl der durch ein bestimmtes Feld hervorgerufenen Drehungen immer kleiner bleibt. Gleichzeitig steigt die Feldstärke, bei der die Suszeptibilität ihr Maximum erreicht, das heißt die Feldstärke, bei der die Zahl der Drehungen ihr Maximum hat.

Nachdem wir diesen Punkt überschritten haben, gelangen wir zu dem dritten Stadium der Magnetisierung. Beinahe alle Elementarmagnete haben sich so geordnet, daß ihre Achsen parallel liegen, also ähnlich der Lage, die sie beim frisch geglühten Eisen und der-

selben Feldstärke zeigten. Dieses erklärt den Umstand, daß für starke Felder die Suszeptibilität sich mit dem Altern nicht ändert.

Daß für das gealterte Eisen die Feldstärke, bei der die nicht mehr von selbst zurückgehenden Drehungen der Moleküle eintreten, größer ist als beim nicht gealterten, hat zur Folge, entsprechend der Molekulartheorie des Magnetismus, daß Remanenz und daher auch Koerzitivkraft und Hysteresis zunehmen.

Andererseits ist es klar, daß beim gealterten Eisen die magnetische Nachwirkung gering oder sogar verschwindend sein muß. In der Tat überträgt ein Molekül durch die zwischen seinen Polen und denen seiner Nachbarn wirkenden Anziehungskräfte seine Bewegung sofort auf alle andern. Die Lagenänderung aller Moleküle einer Gruppe wird fast im selben Momente erfolgen.

Um die Abhängigkeit der Wirkung des Alterungsprozesses von der Temperatur zu erklären, untersuchen wir, warum die Festigkeit der Gruppen, die sich nach unserer Annahme beim Altern bilden, um so größer wird, je tiefer die Temperatur ist. Wir finden:

1. Weil die Moleküle einander näher kommen und daher die Kräfte, die benachbarte Pole aufeinander ausüben, stärker werden;

2. weil die Wärmebewegung der Moleküle geringer wird, die geeignet ist, die Festigkeit der Gruppen zu vermindern.

Bei hohen Temperaturen können sich die Gruppen entsprechend der großen Beweglichkeit der Moleküle ziemlich leicht bilden. Bei der geringen Festigkeit der Verbindungen aber können diese Bildungen die magnetischen Konstanten nur wenig beeinflussen. Bei niederen Temperaturen andererseits verzögert die geringere Beweglichkeit der Moleküle die Gruppenbildung. Da dieselben aber fester sind, erscheinen sie geeignet, die magnetischen Konstanten des Eisens stärker zu ändern.

Eine nachträgliche Steigerung der Temperatur schwächt wieder diese Verbindungen infolge der größeren Entfernungen der Moleküle voneinander und infolge ihrer stärkeren Bewegung. Wir finden also hier die Neigung, den geringeren Grad der Alterung wieder zu erreichen, der der höheren Temperatur entspricht.

Tatsächlich lehrt das Experiment, daß mit sinkender Alterungstemperatur die Änderungen der magnetischen Konstanten in längeren Zeiträumen erfolgen, daß sie aber stärker werden, und ferner, daß sie bei einer nachfolgenden Temperaturerhöhung wieder abnehmen.

Auf Grund dieser Überlegungen wäre zu erwarten, daß, je tiefer die Alterungstemperatur liegt, um so stärker die Wirkung des Prozesses wird. Es bleibt also noch zu erklären, warum man in praxi bei einer bestimmten Temperatur ($131^0$) stärkere Wirkungen als bei noch niederen beobachtet. Man kann zu diesem Zwecke annehmen, daß bei Temperaturen, die unterhalb dieser Grenze liegen, die gebildeten Gruppen wohl fester werden, aber daß ihre Bildung immer mehr erschwert wird durch die Zunahme der gegenseitigen Reibung der Moleküle mit fallender Temperatur.

Durch besondere Versuche, deren Ergebnisse ich in Tabelle III teilweise wiedergebe, habe ich versucht, die Berechtigung derartiger Überlegungen nachzuweisen.

Tabelle III.

Wert der magnetischen Konstanten in Prozent der des geglühten Eisens. (Feld $H = 5$.)

| Zustand des Materials | Dauer des Alterns | Suszept. | Remanenz |
|---|---|---|---|
| Gealtert bei $62^0$ . . . | 22 Tage | 57 | 255 |
| Geglüht . . . . . | — | 100 | 100 |
| Maximal gealtert bei $131^0$ | 63 Stunden | 42 | 290 |
| Weiter gealtert bei $62^0$ | 14 Tage | 37 | 311 |
| Wieder bei $131^0$ . . . | 10 Stunden | 43 | 290 |

Ich ließ die drei Probestücke maximal bei $131^0$ altern, darauf hielt ich sie lange bei $62^0$ und beobachtete, daß die Suszeptibiliät weiter abgenommen und die Remanenz weiter zugenommen hatte. Trotzdem war der Effekt des Alterns bei $62^0$ direkt nach dem Glühen geringer als der bei $131^0$.

Wurden jetzt die Stäbe wieder auf $131^0$ erhitzt gehalten, so ergab sich eine Zunahme der Suszeptibilität und Abnahme der Remanenz entsprechend den Werten, die wir vorher bei dieser Temperatur gefunden hatten. Dies zeigt, daß bei $131^0$ das Eisen wirklich bis zu einem definitiven Alterungszustand gekommen war, der weniger stark war, als der bei $62^0$.

Man ist wohl berechtigt zu sagen, daß beim Altern bei $131^0$ diejenigen Gruppen sich bildeten, deren Bildung bei $62^0$ durch die Reibung der Moleküle aneinander verhindert worden wäre, und daß die Gruppen bei weiterer Abkühlung sich durch die gegenseitige Annäherung der Moleküle so festigten, wie es der niederen Temperatur entspricht.

Ich halte daher auch die Annahme für gerechtfertigt, daß, wenn die Molekularreibung nicht wäre, die Wirkung des Alterns mit sinkender Temperatur dauernd zunehmen müßte.

In praxi darf der Einfluß des Alterns auf die magnetischen Konstanten und daher auf den Wirkungsgrad der Dynamos und Transformatoren, sowie allgemein aller magnetischen Maschinen und Apparate nicht übersehen werden, zumal in den Fällen, wo Eisenkerne sich im Betrieb erwärmen und daher ein richtiges Altern bei erhöhter Temperatur erleiden. Im allgemeinen vermindern die Änderung den Wirkungs-

grad der Maschinen, sodaß also solche, die mit frisch geglühten Eisenkernen neu hergestellt sind, im Betriebe schnell ihren Wirkungsgrad verschlechtern.

Wo es daher darauf ankommt, daß die Konstanten der Maschinen sich im Gebrauch nicht aus obigen Gründen ändern, empfiehlt es sich, die Kerne zuvor maximal zu altern, indem man sie während einiger Stunden (15—20) auf eine Temperatur nahe 131° erhitzt. So behandelte Kerne werden gegen das Altern so gut wie unempfindlich sein, sei es, daß sie während des Betriebes dauernd auf normaler Temperatur bleiben, sei es, daß sie sich bis zu den in praxi zulässigen Temperaturen erhitzen.

(Aus dem Italienischen übersetzt von E. Madelung.)

(Eingegangen 14. Februar 1906.)

## Zur Theorie der optisch zweiachsigen Kristalle mit Drehungsvermögen.

Von E. Sommerfeldt.

Als meine Notiz „Ein neuer Typus optisch zweiachsiger Kristalle" (vgl. diese Zeitschrift 7, 207, 1906) bereits gedruckt war, erschien das vortreffliche Lehrbuch der Kristalloptik von Pockels, aus welchem ich ersehe, daß meine damaligen Beobachtungen, für welche ich aus den mir bekannt gewesenen Theorien keinerlei Erklärung finden konnte, dennoch von dem erweiterten Standpunkt, auf welchen sich Pockels stellt, erklärbar sein dürften und eine wichtige Stütze für die Berechtigung der von Pockels bevorzugten Auffassung bilden.

Nach der älteren Theorie dürfen die Formen optisch aktiver Kristalle keine anderen Symmetrieelemente als Drehungsachsen besitzen, so daß nur in denjenigen elf Kristallgruppen, welche durch gewendete Formen charakterisiert sind, optisches Drehungsvermögen existieren kann (vgl. z. B. Th. Liebisch, Grundriß der geom. Krist. S. 296). Im Widerspruch mit dieser sehr plausibeln Anschauung stehen nun diejenigen theoretischen Überlegungen, welche für die spezifische Drehung der Polarisationsebene $\varrho$ den Ansatz machen, daß sie eine quadratische Funktion der Richtungskosinusse $\nu_1, \nu_2, \nu_3$ der Wellennormale sei, also $\varrho = r_{11}\nu_1^2 + r_{22}\nu_2^2 + r_{33}\nu_3^2 + 2r_{23}\nu_2\nu_3 + 2r_{31}\nu_3\nu_1 + 2r_{12}\nu_1\nu_2$. Zu diesem Ansatz sind nach Pockels auf verschiedenen Wegen Gibbs und Chipart gelangt[1]), ersterer von den erweiterten Gleichungen der elektromagnetischen Lichttheorie aus, letzterer in seiner Publikation: Théorie gyrostatique de la lumière. Paris 1904.

Auf Grund dieses Ansatzes erklärt Pockels in 15 Kristallgruppen die Drehung des polarisierten Lichtes für möglich, und zwar verdient es hervorgehoben zu werden, daß für den bei unseren Versuchen in Betracht kommenden Fall der monoklinen Hemiëdrie Gibbs die Möglichkeit des Drehungsvermögens übersehen hat[1]), daß erst Pockels den Ansatz für diese Gruppe, sowie für die rhombische Hemimorphie als verträglich mit der Existenz des Drehungsvermögens nachgewiesen hat. Gibbs hat nur für die tetragonale sphenoidische Hemiëdrie und tetragonale sphenoidische Tetartoedrie die Möglichkeit des Drehungsvermögens auf Grund des Ansatzes vorausgesehen.

Auf Grund dieser Theorie ist nun anzunehmen, daß die in meiner vorigen Mitteilung beschriebene Substanz sich dem von Pockels (l. c. S. 317) aufgestellten Typus 6 der Kristalle mit Drehungsvermögen einreiht und demnach als Gyrationsfläche ein Paar gleichseitig hyperbolischer Zylinder besitzen würde, deren eine Asymptotenebene eine Symmetrieebene des dreiachsigen Indexellipsoids ist.

Auch die Analogie meiner Beobachtungen zu den an einseitig komprimiertem Quarz angestellten tritt jetzt deutlicher hervor. Bekanntlich erscheinen die dunkeln Balken im Interferenzbild eines senkrecht zur optischen Achse durchschnittenen und im konvergenten Licht zwischen gekreuzten Nicols beobachteten Quarzes nur außerhalb des ersten Ringes stark ausgeprägt, während sie innerhalb des ersten Ringes — vorausgesetzt, daß die Plattendicke eine geeignete ist — nur äußerst schwach sind. Wird nun Quarz einseitig komprimiert, so wird einer der Balken in der Normalstellung auffallend heller als vorher, der andere wesentlich dunkler als früher. Diese Erscheinung vermochte ich durch Ausprobieren der günstigsten Plattendicke noch wesentlich deutlicher sichtbar zu machen, als sie in dem Tafelwerk von Hauswaldt (Lieferung 2, Taf. 73) hervortritt, gleichwohl ist auch dort in Fig. 1 dieses Verhalten, welches meinen an der monoklin hemiëdrischen Substanz gemachten Beobachtungen nicht ganz unähnlich ist, leicht erkennbar. Im Anschluß hieran sei noch bemerkt, daß auch bei diesem monoklinen Stoff der Dunkelheitsgrad der Achsenbalken von der Dicke des Präparats abhängt, doch sind wegen der ungemeinen Kleinheit der Kristalle die hierauf bezüglichen Beobachtungen nicht ganz sicher und sollen einstweilen unbeschrieben bleiben, da es vielleicht gelingt, durch langsames Wachstum größere Kristalle zu erzielen.

1) Pockels, l. c. S. 306.

1) Ebenso auch für die rhombische Hemimorphie.

(Eingegangen 7. März 1906.)

## Über das optische Verhalten von Kristallen der hemiëdrischen Gruppe des monoklinen Systemes.

Von W. Voigt.

Herr E. Sommerfeldt hat in Nr. 6 dieses Jahrganges der Zeitschrift Mitteilung von einer Beobachtung über Polarisationserscheinungen im konvergenten Licht an einem monoklin-hemiëdrischen Kristalle (als Polymerisationsprodukt des Mesityloxydoxalsäuremethylesters bezeichnet) gemacht, die mich zu einigen Bemerkungen veranlassen.

1. Zunächst möchte ich auf die allgemeine Feststellung des Herrn Sommerfeldt eingehen, daß die Kristalle der monoklin-hemiëdrischen Gruppe eine Drehung der Polarisationsebene des Lichtes nicht zeigen können, da jene gewendete, enantiomorphe Formen nicht zuläßt. Es kommt hier eine Vorstellung zur Geltung, die auch an anderen Stellen und in anderen Gebieten der Kristallphysik (z. B. der Pyro- und Piezoelektrizität) Ausdruck gewonnen hat, nämlich, daß Regeln, die bei hochsymmetrischen Kristallsystemen richtig sind, sich ohne weiteres auf die niedriger symmetrischen übertragen liessen. Aber diese Übertragung ist stets sehr bedenklich und im vorliegenden Falle direkt falsch, wie aus meiner mit Hilfe strenger Methoden gewonnenen Aufstellung der Parametersysteme für sämtliche 32 Kristallgruppen in der Abhandlung [1]), auf die Herr Sommerfeldt Bezug nimmt, unmittelbar hervorgeht. Es würde also zum Beweis der Unrichtigkeit der genannten Feststellung an sich genügen, auf jene Abhandlung zu verweisen; indessen will ich bei dem häufigeren Vorkommen derartiger unzulässiger Verallgemeinerungen und bei dem daraus folgenden allgemeineren Interesse der betreffenden Frage die Verhältnisse hier etwas ausführlicher behandeln, als an der genannten Stelle geschehen ist.[2])

Bei Kristallen ohne Symmetriezentrum sind lineäre Beziehungen zwischen den Komponenten $X, Y, Z$ eines polaren und denjenigen $F, G, H$ eines axialen Vektors möglich; erstere würden z. B. durch die elektrischen, letztere durch die magnetischen Feldkomponenten, oder beliebige ihrer Differentialquotienten nach der Zeit dargestellt werden können. Die Parameter $a_{ik}$ der Beziehungen

$$X = a_{11} F + a_{12} G + a_{13} H, \ldots \quad (1)$$

definieren dann ein dem Kristall individuelles Tensortripel $T_1$, $T_2$, $T_3$ mit den Komponenten

$$A = a_{11}, \; B = a_{22}, \; C = a_{33}, \; A' = \frac{1}{2}(a_{23} + a_{32},$$
$$B' = \frac{1}{2}(a_{31} + a_{13}), \; C' = \frac{1}{2}(a_{12} + a_{21}) \quad (2)$$

und einen ihm ebenso individuellen Vektor $V$ mit den Komponenten

$$L = \frac{1}{2}(a_{23} - a_{32}), \; M = \frac{1}{2}(a_{31} - a_{23}),$$
$$N = \frac{1}{2}(a_{12} - a_{21}). \quad (3)$$

Wie ich gezeigt habe, übt dieser Vektor $V$ auf die Gesetze der Fortpflanzungsgeschwindigkeit und der Polarisation des Lichtes in dem Kristall keinen Einfluß, solange man sich bei der Entwickelung auf die Glieder niedrigster Ordnung in den (nach Erfahrung stets sehr kleinen) Parametern $a_{ik}$ beschränkt. Dies hängt in gewisser Hinsicht damit zusammen, daß der Vektor polare, das Tensortripel aber axiale Natur hat. Ein axialer Tensor ist eine zweiseitige gerichtete Größe, deren Vorzeichen durch einen Drehungssinn bestimmt wird. Herr P. Curie hat ihn durch einen Kreiszylinder veranschaulicht, dessen mittlerer Querschnitt festgehalten ist, während seine Endquerschnitte in entgegengesetzten Richtungen um gleiche Winkel verdreht sind. (Fig. 1.) Ein polarer Tensor

Fig. 1.

läßt sich dagegen durch einen nach beiden Seiten hin gleichmäßig gedehnten Zylinder wiedergeben. Es ist für das Folgende nützlich, diesen Unterschied festzuhalten.

2. Die Spezialisierung des Ansatzes (1) auf die verschiedenen Kristallgruppen läßt sich nach bekannten Regeln [1]) leicht ausführen. Für die monoklin-hemiëdrische Gruppe ergibt sich, falls die $XY$-Ebene zur Symmetrieebene gewählt wird, das Formelsystem

$$X = a_{13} H, \; Y = a_{23} H, \; Z = a_{31} F + a_{32} G. \quad (4)$$

Da die vier Parameter $a_{13}$, $a_{23}$, $a_{31}$, $a_{23}$ voneinander unabhängig sind, so ist durch sie gemäß (2) in der Tat ein Tensortripel gegeben; die Kristalle der fraglichen Gruppe können also die gewöhnlichen Aktivitätserscheinungen in der Tat zeigen.

Die Lage des Tensortripels ist durch die Werte

$$A = 0, \; B = 0, \; C = 0, \; A' \gtrless 0, \; B' \gtrless 0, \; C' = 0 \quad (5)$$

bestimmt; eine einfache Überlegung zeigt, daß von den drei (stets zueinander normalen) Tensoren des Tripels, einer in der $XY$-Ebene, die

1) W. Voigt, Ann. d. Phys. **18**, 645, 1905.
2) S. hierzu übrigens auch F. Pockels, Krystalloptik S. 300, Leipzig 1906.

1) W. Voigt, l. c. S. 650.

beiden andern zu derselben symmetrisch liegen müssen; der erste muß die Größe Null, die beiden andern müssen einander entgegengesetzt gleiche Größen haben. Es mag etwa $T_2$ in der $XY$-Ebene, $T_1$ und $T_3$ dazu symmetrisch liegen (s. Fig. 2).

Ein solches System scheint nun auf den ersten Blick mit der Eigenschaft der $XY$-Ebene, eine Symmetrieebene zu sein, im Widerspruch zu stehen, denn $T_1$ ist gleich $-T_3$. In der Tat wäre ein solcher Widerspruch vorhanden, wenn die Tensoren $T_k$ polaren Charakter hätten; da sie aber axial sind, so stimmt die Beziehung $T_1 = -T_3$ nach Fig. 1 genau zu der Symmetrieebene $XY$.

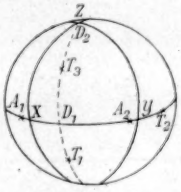



Fig. 2.

Für die Beurteilung der optischen Verhältnisse ist es vorteilhaft, zwei zu den optischen Achsen $A_1$, $A_2$ analoge Richtungen $D_1$, $D_2$ — Rotationsachsen — einzuführen, die in der Ebene des größten und des kleinsten Tensors liegen, und, wenn $T_1 \gtrless T_2 \gtrless T_3$ ist, mit $T_3$ die Winkel $\pm\psi$ einschließen, gegeben durch

$$\sin^2\psi = \frac{T_1 - T_2}{T_1 - T_3} \quad \cos_2\psi = \frac{T_2 - T_3}{T_1 - T_3}. \qquad (6)$$

In unserem Falle, wo $T_2 = 0$, $T_1 + T_3 = 0$ ist, wird

$$\sin^2\psi = \cos^2\psi = \frac{1}{2}, \qquad (7)$$

d. h. die Rotationsachsen $D_1$, $D_2$ halbieren die Winkel zwischen $T_1$ und $T_3$; es muß also die eine Rotationsachse in der $XY$-Ebene, die andere normal dazu liegen. Wir wollen $D_1$ in die $XY$-Ebene, und zwar in deren ersten-Quadranten, $D_2$ in die $+Z$-Achse legen.

3. Auf die Gesetze der Polarisation und der Geschwindigkeit des Lichtes wirkt (bei Beschränkung auf die oben genannte Annäherung) das Tensortripel nur in einer einzigen Funktion der Fortpflanzungsrichtung ein. Legt man diese Richtung durch die beiden Winkel $W_1$ und $W_2$ gegen die Rotationsachsen $D_1$ und $D_2$ fest, so ist, wie ich gezeigt habe, diese Funktion $\Delta$ allgemein gegeben durch

$$\Delta = (T_1 + T_3) + (T_1 - T_3)\cos W_1 \cos W_2, \qquad (8)$$

was sich in unserem Falle wegen $T_1 + T_3 = 0$ reduziert auf

$$\Delta = 2\, T_1 \cos W_1 \cos W_2.$$

Die Grundformeln für die Komponenten der magnetischen Polarisation $\mathfrak{A}$, $\mathfrak{B}$ in der fortgepflanzten Welle lauten:

$$\begin{aligned} \mathfrak{A}(1 - n^2\Theta_2) &= -\vartheta\mathfrak{B}'n\Delta, \\ \mathfrak{B}(1 - n^2\Theta_2) &= +\vartheta\mathfrak{A}'n\Delta; \end{aligned} \qquad (9)$$

hierbei sind $\mathfrak{A}$ und $\mathfrak{B}$ nach Richtungen genommen, in denen bei fehlender Aktivität die optischen Polarisationen der ordinären und der extraordinären Welle liegen würden. $\Theta_2$, $\Theta_1$ sind demgemäß die Quadrate der reziproken Brechungsindices bei fehlender Aktivität; $\Theta_1 = \Theta_2$ definiert die Richtungen der optischen Achsen. $\vartheta$ ist die reziproke Frequenz.

Die optischen Achsen können bei einem monoklinen Kristall entweder in der Symmetrieebene oder symmetrisch dazu liegen. Im ersten Falle ist für die Richtung der optischen Achsen $W_2 = \frac{1}{2}\pi$, also $\Delta = 0$; hier kommt somit die zirkulare Doppelbrechung parallel den optischen Achsen nicht zustande. Im zweiten Falle ist das Produkt cos $W_1$ cos $W_2$ für die beiden optischen Achsen gleich bei entgegengesetztem Vorzeichen; daraus folgt entgegengesetzt gleiche zirkulare Doppelbrechung und entgegengesetzt gleiche Drehung der Polarisationsebene für die Richtungen der beiden optischen Achsen.

Dies letztere Resultat läßt recht deutlich erkennen, warum die Vorstellung, Drehung der Polarisationsebene sei an gewendete Formen gebunden, irrig ist; sie geht von der stillschweigenden Annahme aus, daß die Drehung der Polarisationsebene notwendig in optischer Hinsicht einen Drehungssinn auszeichne, und daß dieser Drehungssinn im Wachstum des Kristalles zum Ausdruck kommen müsse. Wenn aber, wie hier, längs beider optischen Achsen die entgegengesetzte Drehung stattfindet, so ist zunächst kein Drehungssinn vor dem andern bevorzugt.

Indessen kann man die gewöhnlichen Definitionen derartig erweitern, daß die monoklinhemiëdrischen Kristalle sich doch den enantiomorphen nahe anschließen. Dreht man nämlich einen solchen Kristall um die Mittellinie der optischen Achsen um 180°, so kommt er in eine Position, die der ersten in bezug auf eine Ebene senkrecht zur $XY$-Ebene und durch die Mittellinie spiegelbildlich entspricht.

Es sei bemerkt, daß die Hemimorphie des rhombischen Systems, wie ich das s. Z. hervorgehoben habe[1]), der Hemiëdrie des monoklinen Systems nächstverwandt ist und gleichfalls entgegengesetzt gleiche Drehungen für beide optische Achsen liefert, während die rhombische Hemiëdrie gleichgerichtete gleiche Drehungen ergibt. —

1) W. Voigt, l. c. S. 653.

4. Komme ich nun zu dem Detail der von Herrn Sommerfeldt erhaltenen Resultate, so ist es nach der Beschreibung allein kaum möglich, eine Deutung mit voller Sicherheit zu geben; insbesondere scheint mir die Möglichkeit, daß ein Zwillingsphänomen vorliegt, keineswegs vollkommen entscheidend widerlegt zu sein.

Betrachtet man indessen letzteres als ausgeschlossen und auch die Symmetrie des Kristalles als völlig sichergestellt, so wird man doch Bedenken tragen müssen, die Erscheinung mit derjenigen in Parallele zu stellen, die ich bei Turmalin einmal gesucht habe[1]), d. h. als auf dem polaren Vektor $v$ beruhend aufzufassen. Dazu liegt, wie mir scheint, in den beschriebenen Erscheinungen kein Grund vor, und die auf diese Frage bezüglichen Überlegungen meiner früheren Arbeit, die, wie schon in 2. hervorgehoben, eine Einwirkung des (azentrischen) Vektors $V$ auf die Gesetze der Fortpflanzung und der Polarisation ausschließen, dürften wohl nicht ohne weiteres beiseite geschoben werden.

Das Charakteristische der von Herrn Sommerfeldt beobachteten Erscheinung ist, daß zwischen gekreuzten Nicols der beobachtete Kristall in der ersten Hauptlage nicht das dunkle Kreuz, sondern nur einen dunkeln Balken parallel der Ebene der optischen Achsen zeigt, in der zweiten Hauptlage dagegen die gewöhnlichen dunkeln Hyperbeln erkennen läßt. Was an den für die Übergangslagen beschriebenen Bildern auf die spezielle Symmetrie der Kristallgruppe hinweisen soll, ist mir nicht klar geworden.

Will man die ersten Erscheinungen als durch die monoklin hemiëdrische Symmetrie des Kristalles bedingt ansehen und aus derselben erklären, so wird man meines Erachtens die in 2. und 3. entwickelten allgemeinen und daher völlig sicheren Grundlagen nicht aufgeben dürfen, ehe sich ihr Versagen und damit die Notwendigkeit einer Ergänzung unzweifelhaft herausgestellt hat. Dies scheint mir aber vorläufig noch nicht stattzufinden; unter bestimmten (natürlich hypothetischen) Voraussetzungen kann man, wie ich zeigen will, die erwähnten Erscheinungen aus jenen allgemeinen Grundlagen in der Tat ableiten.

Bei dem untersuchten Kristall liegen nach Herrn Sommerfeldt die optischen Achsen $A_1, A_2$ in der Symmetrieebene $XY$ und schließen einen sehr großen Winkel ein; nach dem oben Entwickelten ist die Lage der Rotationsachsen $D_1, D_2$ die in der Fig. 2 wiedergegebene. Die für die Elliptizität der Schwingungen maßgebende Größe $\Delta$ ist nach (9) gleich Null in der Ebene $A_1, D_1, A_2, T_2$ der optischen Achsen, die normal zu $T_2$ steht, wie auch in einer zweiten durch $D_2$ und $T_2$ gehenden Ebene, normal zu $D_1$; sie nimmt Maximalwerte $\pm T_1$ in den Mittelpunkten $T_1, T_3$ der durch jene Ebenen bestimmten Quadranten an. Wenn nun die Rotationsachse $D_1$ nicht zu weit von der Mittellinie der optischen Achsen abläge, wenn ferner die Doppelbrechung des untersuchten Kristalles (namentlich in der Nähe der Mittellinie) sehr klein und $T$ hinreichend groß wäre, so könnte in der Umgebung der Stellen $T_1$, $T_3$ der Figur merkliche elliptische Polarisation bestehen, während doch auf den Ebenen durch $D_1$ $T_2$ und durch $D_2$ $T_2$ streng, in deren Umgebung angenähert lineäre Polarisation stattfindet. In diesem Falle würde in der Tat in der ersten Hauptlage zwischen gekreuzten Nicols nur der dunkle Balken in der Ebene der optischen Achsen entstehen, in der zweiten würden die dunkeln Hyperbeln in nahezu normaler Weise erscheinen, in den Zwischenlagen würden die Hyperbeln den gewöhnlichen ähneln, aber in der Nähe von $T_1$ und $T_3$ verschwommen sein müssen, wie das Herr Sommerfeldt angedeutet scheint.

Ich behaupte keineswegs, daß diese Deutung zutrifft, — die nötigen Voraussetzungen sind sogar ziemlich unwahrscheinlich — mir scheint vielmehr ein Zwillingsphänomen nach Art des z. B. am Diopsid häufig beobachteten im Grunde wahrscheinlicher; immerhin halte ich den Hinweis auf eine andere Erklärungsart, die mit der allgemeinen Theorie aktiver Kristalle vereinbar ist, nicht für überflüssig.

Göttingen, 10. März 1906.

(Eingegangen 12. März 1906.)

1) W. Voigt, l. c. S. 668.

## Demonstrationsversuche zum Beweise des d'Alembertschen Prinzips.

Von Otto Lummer und Clemens Schaefer.

Das d'Alembertsche Prinzip führt die Probleme der Dynamik auf solche der Statik zurück, es gestattet die Anwendung der nur für Gleichgewichtszustände geltenden Gesetze auf Bewegungsvorgänge, indem zu den wirklich vorhandenen Kräften noch eine fingierte Kraft hinzugefügt wird. Diese Zusatzkraft berücksichtigt den Einfluß der Massenträgheit; er wird gleichgesetzt dem negativen Produkte aus der Masse des betreffenden Körpers und der wirklich eintretenden Beschleunigung. Durch das d'Alembertsche Prinzip wird der Trägheitswiderstand als Kraft definiert, wodurch die Frage, ob Trägheitswiderstände als „Kräfte" zu bezeichnen seien oder nicht, im Grunde genommen gegenstandslos wird; zum Unterschiede von den wirklich angreifenden Kräften nennt

man sie aber „Trägheitskräfte“ oder auch „d'Alembertsche Zusatzkräfte“.

Wenn man nun experimentell den Beweis für die Richtigkeit des d'Alembertschen Prinzips erbringen will, nämlich den Beweis, daß der Einfluß der Massenträgheit durch die Einführung einer Trägheitskraft von der angegebenen Größe richtig berücksichtigt wird, so werden nur solche Anordnungen zum Ziele führen können, bei denen — ganz im Sinne des d'Alembertschen Prinzips — statische Methoden auf dynamische Vorgänge angewendet werden. Diese Überlegung möge durch ein Beispiel, die Atwoodsche Fallmaschine, erläutert werden.

Wenn dieselbe im Gleichgewicht ist, d. h. wenn an beiden Enden des Fadens gleiche Gewichte wirken, so ist auch die Fadenspannung auf beiden Seiten gleich und entgegengesetzt gerichtet dem Gewicht, was jederzeit durch Einschaltung zweier Federdynamometer bewiesen werden kann.

Stört man das Gleichgewicht durch Auflegen eines Übergewichts auf der einen Seite, so würde durch Anwendung des Satzes, daß die Fadenspannung gleich und entgegengesetzt dem aufgelegten Gewicht ist, folgen, daß die Federspannungen auf beiden Seiten ungleich wären, und zwar würde die größere auf der Seite des Übergewichts sein. Tatsächlich zeigen beide Federdynamometer gleiche Spannungen an. Die Anwendung des erwähnten Satzes der Statik ist also in dieser Form nicht erlaubt. Das Resultat wird aber sofort richtig, wenn man außer den wirkenden Kräften der Gewichte die Trägheitskräfte in Rechnung zieht. Die Gleichheit der Anzeigen der Dynamometer beweist also direkt die Existenz und Wirkung der Trägheitskräfte. Auch über deren Größe geben die Dynamometer Aufschluß. Denn es läßt sich angeben, welche Spannung sie anzeigen müßten, wenn die Trägheitskräfte nicht wirkten, und der Vergleich dieser mit der wirklich beobachteten Spannung ergibt ohne weiteres den Betrag der Trägheitskräfte.

Bezeichnet man mit $S$ die Fadenspannung, mit $m_1$ und $m_2$ die beiden Gewichte, mit $g$ die Beschleunigung beim freien Fall, mit $\gamma$ die wirklich eintretende Beschleunigung, so gilt für letztere die Beziehung

$$\frac{\gamma}{g} = + \frac{m_2 - m_1}{m_1 + m_2},$$

oder

$$\gamma = \pm g \frac{m_2 - m_1}{m_2 + m_1},$$

wo das Pluszeichen für die Seite des Übergewichts, d. h. für die abwärts gerichtete Beschleunigung gelten möge.

Dann wirken auf den Massenpunkt $m_2$ folgende Kräfte:

Erstens die nach oben gerichtete Spannung $S$ des Federdynamometers, zweitens das nach unten ziehende Gewicht $m_2 g$ und drittens die nach oben, d. h. der wirklichen Beschleunigung entgegengerichtete Trägheitskraft, deren absoluter Betrag

$$\text{gleich } m_2 \frac{m_2 - m_1}{m_2 + m_1} g \text{ ist.}$$

Es besteht also Gleichgewicht nach der Gleichung:

$$-S - m_2 g \frac{m_2 - m_1}{m_2 + m_1} + m_2 g = 0,$$

oder

$$S = 2 \frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2} g.$$

Ohne Vorhandensein der Trägheitskräfte würde eine Spannung $S_1 = m_2 g > S$ existiert haben; die Differenz $S_1 - S$ ist also gleich der Größe der Trägheitskräfte.

Für die andere Seite der Atwoodschen Fallmaschine ergibt sich die analoge Betrachtung.

Man kann sich also, wie schon oben angedeutet, dahin ausdrücken, daß die Trägheitskraft sich deshalb bemerkbar macht, weil die Spannung des Fadens der beschleunigten Fallmaschine mit dem Federdynamometer, d. h. mit einer statischen Methode, gemessen wurde. Dann eben hat man nach dem d'Alembertschen Prinzip so zu verfahren, daß man bei Berechnung der Fadenspannung außer dem wirklich vorhandenen Gewicht noch die Trägheitskraft berücksichtigen muß.

Wir beschreiben im folgenden einige unseres Wissens neue Demonstrationsversuche zum Beweise dieses Prinzips. Der Gedankengang, der uns dabei leitete, war folgender:

Legt man auf die eine Seite einer ruhenden Wage eine Masse von bestimmter Größe, so zeigt die Wage dies durch einen Ausschlag an. Läßt man die Wage mitsamt dem Körper frei fallen, so zeigt die Wage keinen Ausschlag mehr an, sondern kehrt in ihre Gleichgewichtslage zurück, als ob sie gar nicht einseitig belastet wäre. Der Grund dafür ist nach dem d'Alembertschen Prinzip, daß der Druck, den der Körper auf die Wagschale ausübt, nicht, wie bei ruhender Wage gleich seinem Gewicht ist, sondern gleich diesem Betrage vermindert um die nach oben wirkende Trägheitskraft; diese letztere ist aber in diesem Falle genau gleich und entgegengesetzt dem Gewicht, so daß der Druck auf die Wagschale in der Tat Null wird. In dieser Form nun ist der Versuch schwer ausführbar, wir haben ihn daher in folgender Weise modifiziert:

Eine Dezimalwage (Brückenwage) wird auf der einen Seite mit einer verstellbaren schiefen Ebene belastet und ins Gleichgewicht gebracht;

am oberen Ende der schiefen Ebene können an einem Haken vermittels dünner Fäden Körper von verschiedener Masse befestigt werden, die durch Gegengewichte auf der anderen Seite der Wage äquilibriert werden. Brennt man den Faden durch, so kann der Körper die schiefe Ebene herabgleiten. Es ist an ihm eine nach oben wirkende Trägheitskraft anzunehmen, die sein Gewicht vermindert und einen Ausschlag der Wage veranlaßt, solange die beschleunigte Bewegung nach abwärts dauert.

Bezeichnet nun $M$ die Masse des Körpers, $\alpha$ den Winkel der schiefen Ebene, so ist die Beschleunigung des Körpers parallel der schiefen Ebene gleich

$$g \sin \alpha;$$

die Zerlegung in eine horizontale und eine vertikale Komponente ergibt für letztere den Wert

$$g \sin^2 \alpha.$$

Der Druck auf die Wagschale ist also jetzt nur noch:

$$M (g - g \sin^2 \alpha) = Mg (1 - \sin^2 \alpha).$$

Der Versuch verläuft in der Weise, daß man zeigt, daß die vorher im Gleichgewicht befindliche Wage ausschlägt, solange die Bewegung dauert. Man ermittelt sodann aus der obigen Formel die Gewichtsverminderung während des Gleitens und nimmt nun ebensoviel Gewichtsstücke von der anderen Seite der Wage ab. Dann wiederholt man den Versuch, indem man zeigt, daß die Wage, die im Falle der Ruhe des Körpers nicht im Gleichgewicht ist, während des Fallens einspielt.

Da man den Gewichtsverlust experimentell auf diese Weise bestimmen kann und den Winkel der schiefen Ebene an einer Kreisteilung abliest, so kann man eine Wägung des gleitenden Körpers ausführen; diese Methode hat freilich keinen praktischen Wert, leitet uns aber zu einem weiter unten zu beschreibenden Versuche hin.

Rein qualitativ sind die beiden folgenden Versuche. Wenn man an einem Stativ ein Pendel befestigt und dasselbe eine ebene Schwingung ausführen läßt, so kann man diese Schwingung auf die Wage übertragen, indem man das Stativ auf die eine Seite einer Brückenwage setzt. Wenn das Pendel sich dann der Ruhelage nähert, d. h. eine fallende Bewegung ausführt, so hebt sich die betreffende Seite der Wage, um sich zu senken, wenn das Pendel nach Passierung der Gleichgewichtslage wieder in die Höhe steigt. Die Wage vollführt eine Schwingung von derselben Frequenz wie das Pendel; die Amplitude derselben hängt vom Verhältnis der Eigenschwingungszahlen des Pendel und der Wage ab; sie erreicht nach der Theorie der erzwungenen Schwingungen ein Maximum, wenn die Eigenschwingungen übereinstimmen. Trifft man also eine Vorrichtung derart, daß man die Pendellänge verkürzen kann, so kann man die Änderung der Amplitude der erzwungenen Schwingung bei Annäherung an die Eigenperiode messend verfolgen. Man bringt zu diesem Zwecke am Drehpunkt der Wage einen kleinen Spiegel an, von dem man einen Lichtstrahl reflektieren läßt.

Man könnte daran denken, mit Hilfe des d'Alembertschen Prinzips in dieser Weise die auf- und abgehende Schwingung des Stieles einer Stimmgabel nachzuweisen. In der Tat ist der Versuch prinzipiell möglich, er scheitert aber an dem Mißverhältnis zwischen den beiderseitigen Eigenperioden. Indessen ließe er sich natürlich durch Verwendung einer hinreichend langsam schwingenden Stimmgabel realisieren.[1])

Wenn man das Pendel als Kreispendel schwingen läßt, so darf die Wage nichts anzeigen, falls die Bahn der einzelnen Pendelpunkte eine genau kreisförmige ist. Die Wage wird dagegen oszillieren, wenn die Bahn elliptisch ist, d. h. nicht mehr in einer horizontalen Ebene verläuft. Solche Kreispendel werden häufig als Chronometer verwendet; die Genauigkeit ihrer Anzeigen hängt also davon ab, inwieweit die Forderung erfüllt ist, daß das Pendel eine Kreisbahn beschreibt; denn nur bei dieser ist die Umlaufgeschwindigkeit konstant. Setzt man ein solches Chronometer auf die Wage, so hat man in der Amplitude der Schwankung der Wage ein ziemlich genaues Kriterium für die Exaktheit der Chronometerangaben.

Kehren wir jetzt zu unserem Versuche mit der schiefen Ebene zurück und fragen, wie die Verhältnisse sich ändern, wenn man den Körper rollen läßt, anstatt ihn gleiten zu lassen. Es ist ohne weiteres klar, daß die Beschleunigung parallel der schiefen Ebene außer von der Masse des Körpers auch noch von seinem Trägheitsmoment abhängt.

Wir haben also zunächst die Beschleunigung parallel der schiefen Ebene zu berechnen und gehen zu diesem Zwecke aus von den Lagrangeschen Gleichungen:

$$-\frac{\partial L}{\partial p} + \frac{\partial}{\partial t}\left(\frac{\partial L}{\partial \frac{\partial p}{\partial t}}\right) + \frac{\partial \Phi}{\partial p} = 0.$$

Hierin bedeuten $L$ die kinetische Energie des Körpers, $\Phi$ die Kräftefunktion und $p$ eine der allgemeinen Koordinaten. Der Zustand des Körpers ist in unserem Falle voll-

1) Man erhält übrigens auch, wenn man den Versuch mit einer beliebigen Stimmgabel anstellt, eine schwingende Bewegung des Spiegels von der Periode der Stimmgabel. Diese Schwingung hat indessen einen anderen Grund, wie sich sofort aus dem Umstande erkennen läßt, daß sie auch bei arretierter Wage eintritt. Für so schnelle Schwingungen nämlich kann die Wage nicht mehr als absolut starr betrachtet werden, vielmehr sind diese Schwingungen elastischer Natur.

ständig bestimmt durch seine Lage auf der schiefen Ebene, gerechnet von einem bestimmten Anfangspunkte aus. Bezeichnen wir ein Wegelement derselben mit $ds$, die Masse des Körpers mit $M = \Sigma m$, sein Trägheitsmoment mit $\Im = \Sigma r^2$, so nehmen für den Fall einer Kugel, deren Radius $R$ ist, $L$ und $\Phi$ folgende Werte an:

$$L = \frac{1}{2}\Sigma m\left(\frac{ds}{dt}\right)^2 + \frac{\Sigma m r^2}{2}\left(\frac{d\beta}{dt}\right)^2,$$

wo $\frac{d\beta}{dt}$ die Winkelgeschwindigkeit bedeutet. Nun ist aber

$$R\frac{d\beta}{dt} = \frac{ds}{dt};$$

folglich

$$L = \left(\frac{ds}{dt}\right)^2 \frac{1}{2}\left[\Sigma m + \frac{\Sigma m r^2}{R^2}\right];$$

$$\Phi = -\Sigma m g s \sin\alpha;$$

Daraus folgt die Bewegungsgleichung:

$$\frac{d^2 s}{dt^2}\left\{\Sigma m + \frac{\Sigma m r^2}{R^2}\right\} = \Sigma m g \sin\alpha,$$

oder

$$\frac{d^2 s}{dt^2} = \frac{g\sin\alpha\,\Sigma m}{\Sigma m + \frac{1}{R^2}\Sigma m r^2}.$$

Dies ist die gesuchte Beschleunigung parallel der schiefen Ebene; ihre Vertikalkomponente ergibt sich zu:

$$\gamma = \frac{g\sin^2\alpha\,\Sigma m}{\Sigma m + \frac{1}{R^2}\Sigma m r^2};$$

die auf die Wage wirkende d'Alembertsche Trägheitskraft beträgt demgemäß

$$-\gamma\Sigma m = -\frac{g\sin^2\alpha\,(\Sigma m)^2}{\Sigma m + \frac{1}{R^2}\Sigma m r^2};$$

die Masse $\Sigma m$ des Körpers vermindert sich scheinbar um den Betrag

$$\frac{\sin^2\alpha\,(\Sigma m)^2}{\Sigma m + \frac{1}{R^2}\Sigma m r^2};$$

im Falle des Gleitens würde die scheinbare Verminderung betragen haben:

$$\sin^2\alpha\,\Sigma m.$$

Das Verhältnis der Beschleunigungen bei gleitender ($\gamma_g$) und rollender ($\gamma_r$) Bewegung ist

$$\frac{\gamma_g}{\gamma_r} = \frac{\Sigma m + \frac{1}{R^2}\Sigma m r^2}{\Sigma m},$$

$$\Sigma m\left(\frac{\gamma_g}{\gamma_r} - 1\right) = \frac{1}{R^2}\Sigma m r^2, \text{ oder endlich:}$$

$$\Sigma m r^2 = \Im = R^2 M\left(\frac{\gamma_g}{\gamma_r} - 1\right).$$

Da nun aber $R$, $M$, $\gamma_g$ und $\gamma_r$ experimentell bestimmt werden können, so heißt das nichts anderes, als daß mit Hilfe des d'Alembertschen Prinzips Trägheitsmomente „gewogen" werden können.

Bei diesem Versuche tritt besonders klar hervor, daß das Trägheitsmoment bei der Rotationsbewegung das Analogon der Masse bei der Translationsbewegung ist.

Breslau, Physik. Inst. d. Univ. Februar 1906.

(Eingegangen 1. März 1906.)

## Apparat zur Bestimmung des mechanischen Wärmeäquivalents.

Von H. Rubens.

Eine der lehrreichsten Aufgaben des physikalischen Übungslaboratoriums bildet zweifellos die Bestimmung des mechanischen Wärmeäquivalents. Zu diesem Zweck ist deshalb auch schon eine Reihe einfacher Apparate konstruiert worden, welche sich im Praktikum als brauchbar erwiesen haben. Am bekanntesten sind wohl unter diesen die Apparate von Puluj[1]), Christiansen[2]) und Grimsehl[3]) geworden.

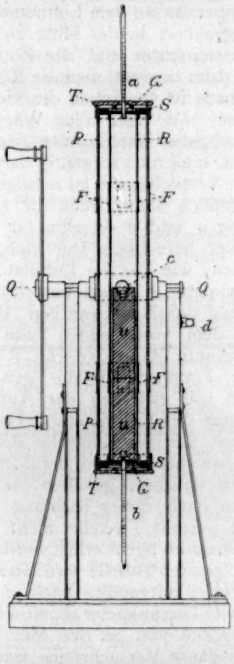
Erfahrungen, welche ich mit den Apparaten von Puluj und Christiansen zu machen Gelegenheit hatte, haben mich zu dem Schluß geführt, daß die hauptsächlichste Schwierigkeit bei derartigen Messungen in einer einigermaßen richtigen Ermittelung der in Wärme umzuwandelnden Arbeit besteht. Die Bestimmung der geleisteten Arbeit durch Bremsung erfordert sowohl große Gleichmäßigkeit des Drehens als auch der zu überwindenden Reibungswiderstände. Das sind aber Bedingungen, welche sich im allgemeinen nur bei größeren Maschinen erfüllen lassen. Bei der Grimsehlschen Versuchsanordnung wird diese Schwierigkeit vermieden, da hier die Arbeit aus der Masse und der Senkung eines Gewichts mit genügender Sicherheit berechnet wird. Dagegen entspricht die Genauigkeit des kalorimetrischen Teils keinen sehr hohen Anforderungen. Solche dürfen auch, dem Zweck des Instruments entsprechend, welcher in erster Linie als Demonstrationsapparat in der Vorlesung und im Schulunterricht verwendet werden soll, nicht gestellt werden. Die großen Vorzüge dieser Anordnung liegen besonders in ihrer Einfachheit und Übersichtlichkeit, sowie in der Schnelligkeit, mit welcher das Resultat erhalten wird.

Ich habe mir die Aufgabe gestellt, einen Apparat zu konstruieren, bei welchem einerseits die Arbeit vollkommen berechenbar ist und

1) Puluj, Pogg. Ann. 157, 437, 1876.
2) Christiansen, Wied. Ann. 48, 374, 1893.
3) Grimsehl, diese Zeitschrift 4, 568, 1903.

ohne Übertragung im Innern des Kalorimetergefäßes erzeugt und umgewandelt wird und dessen kalorimetrischer Teil andererseits eine größere Meßgenauigkeit zuläßt. Das Prinzip des Apparates und die Konstruktion der einzelnen Teile ist aus der nachstehenden Figur zu ersehen.

Das eigentliche Kalorimetergefäß, eine 60 cm lange, 4,5 cm weite, mit Maschinenöl gefüllte Messingröhre ($R$, $R$), welche oben und unten mit Verschlußkappen versehen ist, in welche Thermometer ($a$ und $b$) hereinragen, befindet




sich im Innern einer konaxialen, zylindrischen, innen und außen hochglanzpolierten und vernickelten Messinghülle ($P$, $P$). Diese ist um eine horizontale, mit Doppelkurbel versehene Achse ($Q$, $Q$) drehbar. Die Verschlußkappen des Kalorimeterrohres tragen an ihrem äußeren Umfang übergreifende Ebonitringe ($S$, $S$), welche mit sehr geringem Spielraum in die äußere Messinghülle hineinpassen. Hierdurch wird bewirkt, daß sich zwischen dem Kalorimeter und der Hülle ein hohlzylindrischer, ca. 2 cm dicker Luftmantel befindet. Auch die Messinghülle ist mit aufschraubbaren Verschlußkappen ($T$, $T$) versehen, welche je eine zentrale kreisförmige Öffnung für das Thermometer und auf ihrer Innenseite je einen Gummiring ($G$) enthalten, welcher sich bei dem Zuschrauben der Kappe gegen die entsprechende Verschlußkappe des Kalorimetergefäßes anpreßt und dieses in einer in Beziehung auf die Umdrehungsachse symmetrischen Lage festhält. Die Hülle und das Kalorimeterrohr besitzen je acht $4 \times 2$ cm große Fenster ($F$, $F$), welche in der oberen und unteren Rohrhälfte paarweise einander gegenüber angebracht sind und welche einen Einblick in das Innere der Hülle und des Kalorimeters gewähren. Die Fenster in dem Kalorimeterrohr sind durch aufgekittete Glasscheiben, diejenigen in der äußeren Hülle durch Glimmerscheiben verschlossen.

In dem Innern des Kalorimeters befindet sich, in dem Maschinenöl eingebettet, ein zylinderförmiges, über 4 kg schweres Bleigewicht ($U$), welches mit geringem seitlichen Spielraum nahezu die ganze untere Hülse des Kalorimetergefäßes ausfüllt. Dreht man nun den Apparat mit Hilfe der Kurbel mit mäßiger Geschwindigkeit um $180^0$, so wird das Bleigewicht bis zu dem höchsten Punkt infolge der großen Anfangsreibung mitgenommen. Es verweilt noch einige Zehntelsekunden in dieser Stellung, reißt dann aber los und bewegt sich mit einer Geschwindigkeit von ca. 10 cm in der Sekunde abwärts, bis es unten anlangt.[1]) Die Wirkung des Stoßes wird durch eine die Grundfläche bedeckende und zugleich zur Abdichtung der Verschlußkappe dienende Lederscheibe fast bis zur Unmerklichkeit gemildert. Damit das niedersinkende Gewicht bei seinem Auftreffen nicht das Thermometergefäß zerstört, ist das Gewicht an beiden Grundflächen mit entsprechenden Höhlungen versehen. Es ist endlich noch zu erwähnen, daß der Apparat außer den beiden in das Kalorimetergefäß hereinragenden Thermometern ($a$ und $b$) noch zwei weitere Thermometer ($c$ und $d$) enthält, von denen eines ($d$) die Temperatur der Zimmerluft, das andere ($c$) die Temperatur in dem zwischen Kalorimetergefäß und Hülle befindlichen Luftmantel anzeigt. Damit die Angaben dieses nahe der Umdrehungsachse befindlichen (in der Figur nicht sichtbaren) Thermometers $c$ einen guten Durchschnittswert der Temperatur des räumlich sehr ausgedehnten Luftmantels ergeben, habe ich ein sehr einfaches und wirksames Rührverfahren angewandt. Im Innern des Luftmantels befinden sich 36 Korkwürfel von zusammen 7 g Gewicht, welche bei jeder Halbdrehung der Kurbel mitgenommen werden

1) Diese Geschwindigkeit, mit welcher das Gewicht abwärts gleitet, hängt nicht nur von seinen Dimensionen und denen des Rohres ab, sondern auch von der Temperatur des Öls, dessen innere Reibung mit der Erwärmung stark abnimmt. Ich habe meist mit Geschwindigkeiten von 8 bis 14 cm/sec gearbeitet und innerhalb dieser Grenzen keinen Einfluß der Fallgeschwindigkeit auf das Resultat feststellen können.

und dann fast vertikal herabfallen. Hierbei wird die Luft vortrefflich durcheinander gemischt und keine merkliche Wärme produziert. Sämtliche Thermometer, mit Ausnahme des die Zimmertemperatur angebenden Instruments, sind in Zehntelgrade geteilt, ihre Skala reicht von $15^0$ bis $30^0$ C.

Die bei einem Hub (Drehung um $180^0$) geleistete und durch das niedersinkende Gewicht in Wärme verwandelte Arbeit $p$ berechnet sich folgendermaßen: Ist $k$ das Gewicht der beweglichen Masse in Kilogramm, $h$ die Hubhöhe in Metern, $s$ das spezifische Gewicht des Bleies, $s_1$ dasjenige des Öles, so ist

$$p = k \cdot h \frac{s - s_1}{s}$$

Bei einem von mir benutzten Apparat war $k = 4{,}020$ kg, $h = 0{,}301$ m

$s = 11{,}30$, $s_1 = 0{,}91$, mithin

$$p = \frac{4{,}02 \times 0{,}301 \times 10{,}39}{11{,}30} = 1{,}113 \text{ kgm}.$$

Die Wärmekapazität des Kalorimeters setzt sich zusammen aus derjenigen des Öles, des Bleies, des Messingrohrs und der Glasfenster. Die folgende kleine Tabelle enthält die entsprechenden Daten für den untersuchten Apparat.

Die spezifische Wärme des benutzten Maschinenöls habe ich für die Temperaturgrenzen $+15$ und $+45^0$ durch 10 gut übereinstimmende Versuche nach der Mischungsmethode ermittelt. Für die spezifische Wärme von Blei und Messing sind die Werte benutzt worden, welche sich für Zimmertemperatur nach den Versuchen des Herrn U. Behn ergeben.[1])

| Substanz | Masse | Spez. Wärme | Wärmekapaz. |
|---|---|---|---|
| Öl | 0,565 kg | 0,477 | 0,2695 kg |
| Blei | 4,020 „ | 0,305 | 0,1226 „ |
| Messing | 1,050 „ | 0,090 | 0,0945 „ |
| Glas | 0,030 „ | 0,190 | 0,0057 „ |
| | | Summe | 0,4923 kg |

Der Wasserwert der beiden Thermometergefäße kann ungefähr auf 0,6 g veranschlagt werden, derjenige der beiden Lederscheiben auf 1 g. Dies zur obigen Summe zugezählt, ergibt 0,4939 kg. Der Gesamtwasserwert des Kalorimeters erreicht also noch nicht 0,5 kg.

Aus der Arbeit des einzelnen Hubs $p$ der Hubzahl $n$, der beobachteten Temperaturerhöhung $\vartheta$ des Kalorimeters und seinem Wasserwert $W$ erhält man das mechanische Wärmeäquivalent:

$$A = \frac{n \cdot p}{W \cdot \vartheta}.$$

Bei der Ausführung einer Messung verfährt man am besten folgendermaßen. Der Apparat wird zuerst um ca. 2 Grade unter Zimmertemperatur abgekühlt, indem man ihn für kurze Zeit in einen kälteren Raum bringt.[1]) Ist dieses nicht ohne weiteres ausführbar, so kann man auch die notwendige Temperaturdifferenz dadurch herbeiführen, daß man auf beliebige Weise, z. B. durch Anstecken einiger Brenner, die Zimmertemperatur um einige Grade erhöht. Nun wird die Kalorimeterflüssigkeit durch mindestens 30 Hube tüchtig umgerührt, bis beide Thermometer $a$ und $b$ auf einige Hundertstel Grade die gleiche Temperatur anzeigen. Man wartet nun noch unter gelegentlichem Umrühren, bis die Temperatur an dem Luftmantel-Thermometer $c$ angenähert in der Mitte zwischen der Kalorimetertemperatur und der Zimmertemperatur liegt; dann beginnt man die Reihe, indem man etwa nach je 50 Huben die vier Thermometer abliest. Da trotz allen Wärmeschutzes die Wärmeabgabe nach außen ziemlich beträchtlich ist, muß man sorgfaltig darauf achten, daß man die Versuchsreihe im richtigen Moment abbricht, nämlich dann, wenn die Kalorimeter Thermometer $a$ und $b$ dieselbe für die ganze Versuchsdauer berechnete Durchschnittstemperatur ergeben, wie das im Luftmantel befindliche Thermometer $c$. Diese Vorschrift ist unter Voraussetzung des Newtonschen Abkühlungsgesetzes in dem vorliegenden Falle korrekter als die bekannte Rumfordsche Regel, nach welcher die Zimmertemperatur genau in der Mitte liegen soll zwischen der Anfangs- und Endtemperatur des Kalorimeters. Das Thermometer $d$ dient nur zur Kontrolle der Zimmertemperatur, welche während der Versuchsreihe einigermaßen konstant gehalten werden soll; doch werden nach dieser Richtung keine Anforderungen gestellt, welche nicht in jedem Laboratoriumsraum leicht erfüllt werden können.

In der folgenden Tabelle wird eine Versuchsreihe als Beispiel mitgeteilt. Nach je 50 Hüben wurden die vier Thermometer abgelesen. 50 Hübe nahmen eine Zeit von ca. drei Minuten in Anspruch. Die ganze Versuchsreihe war in 29 Minuten vollendet. Die Zimmertemperatur sank während dieser Versuchsreihe ziemlich gleichmäßig um $0{,}4^0$, war also für unsere Zwecke hinreichend konstant, im Luftmantel stieg die Temperatur in derselben Zeit um $0{,}87^0$. Diese Temperatursteigerung zeigt sich in jeder Versuchsreihe. Sie wird durch die Wärmeabgabe des Kalorimeters veranlaßt.

Die Bedeutung der einzelnen Zahlen ist ohne weiteres verständlich; nur die letzte Spalte bedarf besonderer Erklärung. Wie man sieht, nehmen die Erwärmungen $\delta t$ des Kalorimeters für je 50 Hube mit steigender Kalorimeter-

1) U. Behn, Ann. d. Phys. 1, 257, 1900.

1) Bei der Abkühlung und nachfolgenden Erwärmung ist jede Kondensation von Wasserdampf auf den Teilen des Apparats sorgfältig zu vermeiden.

Tabelle I.

| Hubzahl | Zimmertemperatur $d$ | Temperatur im Luftmantel $c$ | Kalorimetertemperatur $a$ | $b$ | $\frac{a+b}{2}$ | $\delta t$ | $\delta_1 t$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 19,0 | 18,28° | 17,44° | 17,46° | 17,450° | 0,320° | 0,266° |
| 50 | 18,9 | 18,38 | 17,77 | 17,77 | 17,770 | 0,295 | 0,257 |
| 100 | 18,8 | 18,47 | 18,06 | 18,07 | 18,065 | 0,285 | 0,261 |
| 150 | 18,8 | 18,58 | 18,35 | 18,35 | 18,350 | 0,275 | 0,264 |
| 200 | 18,7 | 18,67 | 18,62 | 18,63 | 18,625 | 0,260 | 0,263 |
| 250 | 18,7 | 18,77 | 18,88 | 18,89 | 18,885 | 0,245 | 0,260 |
| 300 | 18,7 | 18,86 | 19,13 | 19,13 | 19,130 | 0,240 | 0,266 |
| 350 | 18,7 | 18,95 | 19,37 | 19,37 | 19,370 | 0,235 | 0,272 |
| 400 | 18,6 | 19,04 | 19,61 | 19,60 | 19,605 | 0,220 | 0,267 |
| 450 | 18,6 | 19,15 | 19,82 | 19,83 | 19,825 | | |
| | | Mittel: 19,715 | | | Mittel: 19,707 | | Mittel: 0,2640 |

temperatur wegen der wachsenden Wärmeabgabe nach außen langsam ab. Korrigiert man diese Werte nach dem Newtonschen Abkühlungsgesetz mit Hilfe eines empirisch gefundenen Abkühlungskoeffizienten 0,075, indem man setzt

$$\delta_1 t = \delta t - \left(c - \frac{a+b}{2}\right) \cdot 0{,}075,$$

so ergeben sich für die $\delta_1 t$ nahezu gleiche Zahlen. Diese sind in der letzten Spalte zusammengestellt.

Die durch 450 Hübe erzielte Temperaturerhöhung des Kalorimeters beträgt $\vartheta = 19 \cdot 825^0 - 17 \cdot 450^0 - 2{,}375^0$.

Der Durchschnittswert der Temperatur im Luftmantel war jedoch während der Reihe um $0{,}008^0$ höher als im Kalorimeter; deshalb ist unter Berücksichtigung unseres Newtonschen Abkühlungsfaktors 0,075 von der beobachteten Temperaturerhöhung eine Korrektion im Betrage von

$$0{,}008 \times 0{,}075 \times 9 = 0{,}005^0$$

in Abrechnung zu bringen.[1]) Wir erhalten also $\vartheta = 2{,}370^0$ und endlich

$$A = \frac{450 \times 1{,}113}{2{,}370 \times 0{,}494} = 428 \text{ kgm}.$$

Befolgt man die in dem Vorstehenden angegebenen Vorsichtsmaßregeln, so übersteigt der Fehler einer solchen Reihe sehr selten 2% des Mittelwertes.

Ich habe mit drei verschiedenen Apparaten zehn solcher Reihen beobachtet, deren Resultate ich im folgenden sämtlich mitteile. (S. Tab. II.) Als Mittelwert ergibt sich aus den angeführten 10 Einzelwerten der Betrag 424,8 kgm für die kg Kalorie oder

$$4168 \times 10^4 \text{ Erg für die g Kalorie.}$$

Der Wert ist zweifellos ca. 0,5% zu klein, wenn man die Messungen Rowlands, bezogen auf die mittlere oder die 15° Kalorie, zugrunde

1) Die Korrektion ist zwar im vorliegenden Falle so klein, daß sie kaum in Betracht kommt; ich habe sie aber trotzdem berechnet und angebracht, um zu zeigen, wie im allgemeinen verfahren wurde.

Tabelle II.

| Mechanisches Wärmeäquivalent $A$ | Abweichung vom Mittel kgm | Proz. |
|---|---|---|
| 428 | +3,2 | 0,8 |
| 433 | +8,2 | 1,9 |
| 426 | +1,2 | 0,3 |
| 420 | −4,8 | 1,1 |
| 425 | +0,2 | 0,0 |
| 423 | −1,8 | 0,4 |
| 421 | −3,8 | 0,9 |
| 432 | +7,2 | 1,7 |
| 418 | −6,8 | 1,6 |
| 422 | −2,8 | 0,7 |
| Mittel: 424,8 kgm | | Mittel: 0,94 Proz. |

legt[1]); indessen darf man nicht erwarten, hier eine genauere Übereinstimmung zu finden, da erstens die spezifischen Wärmen der benutzten Materialien nicht genauer bekannt sind als etwa auf $^1/_2$ Prozent.[2]) Ferner sind die von mir verwendeten Thermometer (von Richter) zwar miteinander, aber nicht mit einem Normalthermometer verglichen werden. Immerhin zeigt die befriedigende Übereinstimmung unseres Mittelwerts mit der Rowlandschen Zahl, daß bei der Messung keine erheblichen konstanten Fehler vorkommen. Als solche könnten außer den bereits erwähnten noch in Betracht kommen:

1. Zu frühes Abreißen des Gewichts, bevor dasselbe seinen Höhepunkt erreicht hat,

2. Könnte ein Teil der Stoßarbeit, welcher das niedersinkende Gewicht infolge seiner lebendigen Kraft beim Auftreffen auf die Lederscheibe leistet, außerhalb des Kalorimeters in Wärme verwandelt werden.

3. Könnte durch zu hastiges Drehen des Apparates und zu plötzliches Anhalten der Kurbel eine Stoßwirkung des Bleigewichts entstehen, welche im Kalorimeter in Wärme verwandelt würde und die beobachtete Wärmemenge vergrößern müßte.

Davon, daß der erste Mißstand nicht ein-

1) Vgl. E. Warburg (Referat über die Wärmeeinheit; Joh. A. Barth, 1900; diese Zeitschrift 1, 171, 1900).

2) Geringe Verunreinigungen im Messing und Blei können schon Fehler von dieser Größenordnung bewirken.

tritt, kann man sich durch direkte Beobachtung überzeugen. Um diese zu erleichtern, ist das Bleigewicht in seiner Mitte mit einer gürtelförmigen, in der Figur angedeuteten Strichmarke versehen, welche durch die Fenster gesehen werden kann, wenn sich das Bleigewicht in seiner extremen Lage befindet. Diese Strichmarke dient zugleich auch zur Messung der Hubhöhe.

Der zweite Punkt läßt sich leicht durch Rechnung erledigen. Zu einer Endgeschwindigkeit von 14 cm gehört nach den Fallgesetzen eine freie Fallhöhe von 1 mm. Da nun die gesamte Senkung des Gewichts mehr als 300 mm, die Endgeschwindigkeit weniger als 14 cm beträgt, und da außerdem infolge des Lederpolsters der bei weitem größte Teil der Stoßarbeit innerhalb des Kalorimeters in Wärme verwandelt wird, ist dieser Fehler zu vernachlässigen.

In bezug auf den dritten Einwand ergibt sich die Forderung, daß man jede Halbdrehung des Apparates langsam beginnen und sanft beendigen muß. Doch ist diese Bedingung innerhalb der erforderlichen Grenzen leicht zu erfüllen. Nach meiner Erfahrung genügt es, wenn man ruckweise Drehung vermeidet.

Wie man aus Tabelle II ersieht, weichen die Resultate der einzelnen Reihen nur wenig voneinander ab. Die Differenzen gegen den Mittelwert betragen durchschnittlich nur 1 Prozent. Zwar wird man im Praktikum im allgemeinen keine so langen Versuchsreihen beobachten lassen, wie die mitgeteilten, sondern wird sich wohl dort meist mit Versuchsreihen von 100 bis 200 Hüben, welche sich in höchstens 10 bis 20 Minuten erledigen lassen, begnügen. Aber auch dann ist bei einigermaßen sorgfältiger Beobachtung eine Genauigkeit von 3 Prozent leicht zu erreichen.[1])

1) Der im vorstehenden beschriebene Apparat wird von dem Mechaniker des physikalischen Instituts der Technischen Hochschule, Herrn Leetz, zu meiner Zufriedenheit angefertigt.

Charlottenburg, Phys. Inst. d. Techn. Hochschule, Februar 1906.

(Eingegangen 7. März 1906.)

# REFERATE.

## Physikalische Chemie.

Besorgt von **E. Bose.**

**W. Nernst, Physikalisch-chemische Betrachtungen über den Verbrennungsprozeß in den Gasmotoren.** Vortrag, gehalten in der 46. Hauptversammlung des Vereins deutscher Ingenieure zu Magdeburg. 36 S. m. Fig. Berlin, J. Springer. 1905.

In leichtverständlicher Form gibt der Verfasser eine interessante Übersicht dessen, was sich gegenwärtig vom Standpunkte der physikalischen Chemie über Gasexplosionen und speziell über den arbeitleistenden Vorgang in den Verbrennungsmotoren sagen läßt.

„Der Arbeitsprozeß in den Gasmotoren ist seinem Wesen nach sehr viel komplizierter als der in den Dampfmaschinen. — Während die Theorie der Dampfmaschinen schon seit Jahrzehnten als abgeschlossen gelten kann, befindet sich die thermodynamische Theorie der Gasmotoren offenbar noch mitten in ihrer Entwickelung."

„An die Spitze einer thermodynamischen Theorie des Explosionsmotors gehört wohl unstreitig die Erörterung der Frage: Welches ist die maximale Leistung, die wir bei idealer Ausnützung der Arbeitsfähigkeit des in der Maschine benutzten Vorganges erzielen können? Mit andern Worten: Wieviel äußere Arbeit vermag die Verbrennung des jeweilig benutzten Brennstoffes bestenfalls zu liefern?"

Diese Arbeit $A$ läßt sich nur berechnen, wenn die Gleichgewichtskonstante $k$ der betreffenden Verbrennungsreaktion bekannt ist. Falls die Konzentration der entstehenden und verschwindenden Stoffe gleich eins ist, nämlich einfach $A = RT \ln k$, wo $R$ die Gaskonstante und $T$ die absolute Temperatur bedeutet. Sind die Konzentrationen nicht gleich eins, so kommen noch die leicht angebbaren Dilatations- resp. Kompressionsarbeiten hinzu. Bedeuten $C_{H_2}$, $C_{O_2}$ und $C_{H_2O}$ die dem Dissoziationsgleichgewicht entsprechenden Konzentrationen der speziellen Verbrennungsreaktion $2H_2 + O_2 = 2H_2O$, so ist nach dem Massenwirkungsgesetz bekanntlich $k$ definiert durch $k = \frac{C_{H^2} \cdot C_{O_2}}{C_{H_2O}{}^2}$. Um also $k$ zu bestimmen, muß man das Dissoziationsgleichgewicht der Verbrennungsprodukte kennen. Für Wasserdampf und Kohlensäure ($2CO + O_2 = 2CO_2$) sind die Gleichgewichte zwischen 1000° bis 2000° vom Verf. und Dr. v. Wartenberg mit großer Sicherheit in den letzten Jahren bestimmt; durch Umrechnung auf Zimmertemperatur, die die Kenntnis der spezifischen Wärme voraussetzt, läßt sich dann die maximale Arbeit $A$ zahlenmäßig angeben. Es ergibt sich das Resultat, daß in diesen Fällen die in Kalorien ausgedrückte maximale Arbeit nicht sehr verschieden ist von der Verbrennungswärme $Q$ (streng ist bekanntlich $A = Q + T\frac{dA}{dT}$ hier ist

also $\frac{dA}{dT}$ sehr klein). Es ist hiernach wahrscheinlich, daß man auch für andere Brennstoffe, wie Methan, Alkohol, Benzin usw., für die man die $A$-Werte nicht kennt, mit großer Annäherung $A = Q$ setzen darf, wie das bisher auch ausschließlich geschehen ist. Daß die Explosionsmotoren jedoch erheblich weniger Arbeit als die maximale geben, liegt daran, daß der Verbrennungsprozeß durchaus nicht reversibel verläuft, da bei den hohen Temperaturen erhebliche Wärmeverluste durch Strahlung, Konvektion und Leitung eintreten und ferner, weil das Gasgemisch bei der Ausdehnung nicht auf Zimmertemperatur abgekühlt wird.

„Wir werden so zu der zweiten Frage geführt: Wie müßte ein Gasmotor konstruiert sein, um den vorher theoretisch berechneten maximalen Nutzeffekt zu liefern. Soweit ich sehe, bieten sich zwei wesentlich verschiedene Wege dar. Nehmen wir wieder, um die Ideen zu fixieren, Wasserstoff als Brenngas, so könnten wir diesen, wie auch die erforderliche Menge Sauerstoff (bezw. Luft) zunächst isotherm so weit dilatieren, daß bei der Mischung die beiden Gase praktisch völlig im Gleichgewicht bleiben, d. h. daß sich nur verschwindende Mengen Wasserdampf bilden. Bei der isothermen Kompression läßt man dann die beiden Gase (nötigenfalls unter Benutzung von chemischen Katalisatoren) nach und nach zu Wasserdampf sich vereinigen, und, da dieser Vorgang in allen seinen Phasen umkehrbar durchzuführen wäre, so müßte er auch die maximale Ausbeute an Arbeit liefern. Die ungeheure Dilatation, die man anwenden müßte, ferner die außerordentliche chemische Trägheit der Verbindung des Sauerstoffs mit dem Brennstoffe bei gewöhnlichen Temperaturen, machen diesen Weg praktisch völlig illusorisch."

„Ein zweiter, wesentlich verschiedener Weg wäre folgender. Man komprimiert Wasserstoff und Sauerstoff für sich adiabatisch auf so hohe Temperatur, daß nach erfolgter Vermischung der beiden Gase die Dissoziation fast vollständig bleibt und daher eine merkliche Wasserbildung nicht stattfindet. Bei adiabatischer Expansion würde man dann infolge der durch die allmähliche Wasserbildung entwickelten Wärme um so viel mehr Arbeit gewinnen, als bei der Kompression verbraucht würde, daß sich wiederum als Gewinn die maximale Menge ergibt. Die praktische Undurchführbarkeit auch dieses Prozesses liegt auf der Hand; doch bedeuten einerseits die Bestrebungen, den Kompressionsdruck im Viertaktmotor zu erhöhen, andererseits Konstruktionen wie der Diesel-Motor eine deutliche Tendenz, sich diesem zweiten idealen Grenzfalle wenigstens etwas zu nähern."

Dies ist es, was die chemische Statik über die Vorgänge im Verbrennungsmotor aussagen läßt. Näheres über den Verbrennungsprozeß selbst lehrt die chemische Kinetik. Nach ihr vereinigen sich zwei brennbare Gase, wie Wasserstoff und Sauerstoff, auch bei gewöhnlicher Temperatur allmählich zu Wasser, jedoch so langsam, daß es sich experimentell nicht nachweisen läßt. Die Geschwindigkeit nimmt jedoch außerordentlich stark mit der Temperatur zu. Wird daher ein Knallgasgemenge an einem Punkte, z. B. durch einen elektrischen Funken, erwärmt, so steigt die Reaktionsgeschwindigkeit dort schnell an, die Verbrennung liefert weitere Wärme, die auch die nächsten Schichten zur Erwärmung und rapiden Verbrennung bringt; so entflammt schnell oder explodiert das ganze Gemenge.

In geschlossenen Gefäßen gibt die starke Temperatursteigerung der Explosion sehr hohe Drucke, die zum Treiben der Gasmotore dienen. Die Messung des Maximaldrucks von Explosionen ermöglicht ferner die Bestimmung der spezifischen Wärme von der Dichte, dagegen eine nicht unbeträchtliche Zunahme mit der Temperatur. Zu berücksichtigen ist hierbei, daß infolge des Entstehens starker Kompressionswellen ein nicht unerheblicher Teil der Verbrennungsenergie als kinetische Energie der Massenbewegung statt als Wärme auftritt; das Unbeachtetlassen dieses Umstandes ergibt zu hohe spezifische Wärme. Die Tatsache, daß bei den hohen Temperaturen die Verbrennungsprodukte teilweise dissoziiert sind, ist weniger bedenklich, da die Dissoziationsgrade nur sehr gering sind. Ebenfalls meistens unbedeutend sind die Fehler, welche daraus entstehen können, daß bei den hohen Temperaturen endothermische Verbindungen wie Stickoxyd oder Wasserstoffsuperoxyd entstehen, über deren Bildung der Verfasser zusammen mit Dr. Finckh neuerdings eingehende Untersuchungen angestellt hat. Bei der schnellen Abkühlung zerfällt der Wasserstoffsuperoxyddampf fast völlig wieder, von Stickoxyd sind merkbare Mengen nach der Explosion nachweisbar.

Der letzte Teil des Vortrags befaßt sich mit der vor allem von Berthelot und neuerdings Dixon experimentell und von Mallard und Le Chatelier theoretisch geklärten Fortpflanzungsgeschwindigkeit von Gasexplosionen. Es lassen sich hier drei mit verschiedener Geschwindigkeit verlaufende Wellen unterscheiden. Einmal die relativ langsame (nur einige m pro sec) Fortpflanzung der Verbrennung, bedingt durch die Größe der Wärmeleitung und des Temperaturkoeffizienten der Reaktionsgeschwindigkeit. Zweitens die eigentliche Explosionswelle, welche dadurch entsteht, daß sehr starker Druck, resp. die damit verbundene Temperatursteigerung und Konzentrationserhöhung das Gasgemisch spontan

zur explosiven Entzündung bringt; die Geschwindigkeit dieser Welle ist, wie leicht verständlich, größer, und zwar anderthalb bis doppelt so groß wie die der gewöhnlichen Kompressions- oder Schallwellen bei dieser Temperatur und besitzt für die verschiedenen Gase charakteristische und wohldefinierte, von E. Jonguet auch theoretisch berechnete Werte: Für Gemisch äquivalenter Mengen Sauerstoff mit Wasserstoff 2820, mit Methan 2300, mit Acetylen 2450, für Chlorknallgas 1730 m pro sec. Schließlich treten noch die gewöhnlichen Kompressions- oder Schallwellen als Folge der Explosion auf, die ebenfalls sichtbar verlaufen, da die hocherhitzten Gase an den verdichteten und hier also noch stark erwärmten Kompressionsstellen leuchtend werden. Die anfangs einsetzende Verbrennungswelle verläuft mit steigender Geschwindigkeit, bis die durch sie bedingte Drucksteigerung groß genug geworden ist, um spontan die Explosionswelle auszulösen. Das geschieht besonders leicht bei dem Auftreffen der Verbrennungswelle auf eine Wand wegen der hier auftretenden Drucksteigerung. Wo die Verbrennungswelle das Gasgemisch durcheilt hat, sind noch unverbrannte Gase übrig, dieselbe Strecke kann also noch von einer Explosionswelle durchlaufen werden, die dagegen alles verbrennt, sodaß ihr nur noch Schallwellen folgen können. Explosionswellen werden daher beim Auftreffen auf eine Wand stets als Schallwellen reflektiert. Neuerdings hat Dixon nach einem verfeinerten Verfahren von Mallard und Le Chatelier die Geschwindigkeit dieser in einem Glasrohr verlaufenden Wellen gemessen, indem die Welle auf einem um eine horizontale Achse rotierenden Film photographisch registriert wurde. Eine unendlich große Geschwindigkeit würde eine horizontale Linie aufzeichnen, ein ruhender Lichtpunkt eine vertikale; die Steigung der mit endlicher Geschwindigkeit verlaufenden Welle ergibt bei bekannter Rotationsgeschwindigkeit des Films die gesuchte Größe. Die Explosionswelle unterscheidet sich von der Verbrennungswelle durch größere Lichtintensität. Interessante Einzelheiten werden an den Diagrammen Dixons der Explosionen von $C_2 N_2 + O_2$, $2 H_2 + O_2$, $CS_2 + 3 O_2$ besprochen. Die Ausbildung der Explosionswelle erfolgt langsamer, wenn die Zündung des Gasgemisches möglichst nahe am verschlossenen Ende der Röhre erfolgt. Da die Explosionswellen wegen ihrer zerstörenden Wirkung und des Konsums an kinetischer Energie in den Motoren möglichst zu vermeiden sind, so ergibt sich aus dem Obigen für das Ziel der praktische Hinweis, möglichst dicht an der Kolbenwand und möglichst an mehreren Punkten gleichzeitig das Gasgemisch zu entzünden.

Die nach der Explosion vorhandene hocherhitzte Gasmasse kühlt sich durch Strahlung, Konvektion und Leitung schnell ab. Aus Explosionsversuchen Langens hat Verf. abgeleitet, daß bei sehr hohen Temperaturen, also unmittelbar nach der Explosion, die Abkühlung mit der vierten Potenz der Temperatur erfolgt, also im wesentlichen durch Strahlung, bei den niederen Temperaturen, d. h. im weiteren Verlaufe mit der ersten Potenz, also durch Konvektion und Leitung. Diese Verluste sind natürlich größer bei den langsam, als bei den schnell laufenden Motoren, deren trotz der Reibungsverluste guter Nutzeffekt vielleicht auf diesen Umstand zurückzuführen ist.

Aus dem Ganzen gewinnt man den Eindruck, daß der experimentellen Erforschung der günstigsten Konstruktionsbedingungen für Gasmotoren noch eine große Arbeit bevorsteht, daß aber die Wege dazu und die theoretischen Gesichtspunkte gegeben sind. F. Krüger.

(Eingegangen 14. Februar 1906.)

# BESPRECHUNGEN.

**M. Eder, Rezepte und Tabellen für Photographie und Reproduktionstechnik,** welche an der k. k. graphischen Lehr- und Versuchsanstalt in Wien angewendet werden. 6. Auflage. 8. XVI u. 192 S. mit 1 Tabelle. Halle a. S., Wilh. Knapp. 1905. M. 2,50.

Das bekannte, überaus reichhaltige und praktische Rezept- und Tabellenbuch aus der Feder des berufensten Autors auf photographischem Gebiete liegt wesentlich vermehrt in 6. Auflage vor. Den neuesten Errungenschaften, so z. B. dem Dreifarbenverfahren, der Reproduktionstechnik, ist volle Rechnung getragen, so jedoch, daß nur Bewährtes aufgenommen worden ist. Da auch Umwandlungstabellen metrischen Maßes und Gewichts in englisches (und umgekehrt) aufgenommen wurden, so ist das Buch auch für Engländer und Amerikaner verwertbar. Wer sich von der Vielseitigkeit des Gebotenen einen Begriff machen will, der werfe z. B. einen Blick auf die sensitometrischen Tabellen und die tabellarischen Angaben über die Belichtungszeiten in verschiedenen Breiten. Behrendsen.

(Eingegangen 23. November 1905.)

**Neuere Litteratur, betreffend physikalische Demonstrationen und Verwandtes.**

Vor einiger Zeit konnte der Referent Henri Abrahams Sammelwerk einfacher Experimente: „Recueil d'expériences élémentaires de physique" den Lesern der Zeitschrift aufrichtig empfehlen. Es ist demgemäß ohne weiteres verständlich, daß der Referent eine deutsche Ausgabe des Abrahamschen Buches nur mit Freude begrüßen kann. Diese ist nunmehr unter dem Titel erschienen:

**K. Schreber u. P. Springmann, Experimentierende Physik.** Zugleich vollständig umgearbeitete deutsche Ausgabe von H. Abrahams Recueil d'expériences élémentaires de physique. I. Band gr. 8. VI u. 171 S. mit 230 Abbildungen. Leipzig, Joh. Ambr. Barth. 1905. M. 3,60, geb. M. 4,40.

Daß die Verfasser bestrebt gewesen sind. bei der deutschen Ausgabe durch mannigfache Änderungen ihre Selbständigkeit zu bewahren, ist nur anzuerkennen. Eine besondere Empfehlung des für den Unterricht vorzüglich brauchbaren Werkes ist nicht mehr erforderlich.

Ebenfalls mit Freude begrüßt der Referent das folgende Heftchen:

**W. Volkmann, Der Aufbau physikalischer Apparate aus selbständigen Apparatenteilen.** (Physikalischer Baukasten.) 8. VII u. 98 S. mit 110 Textfiguren. Berlin, Jul. Springer. 1905. M. 2,—.

Der von W. Volkmann geschaffene Physikalische Baukasten stellt in gewissem Maße das dar, was der Referent unter einem Universalinstrumentarium für den physikalischen Unterricht versteht. Es genügt hier, ein paar Sätze zu zitieren, die der Referent gelegentlich eines Ferienkurses für Oberlehrer, Ostern 1904, über den gegenseitigen Anschluß einiger möglichst universal verwendbarer Apparate ausgesprochen hat. (F. Klein und E. Riecke, Neue Beiträge zur Frage des mathem. und physikalischen Unterrichts an höheren Schulen.) „Um nun den Nutzen solcher Universalapparate weiter zu steigern uud alle unnötigen Anschaffungen zu sparen, sollten sie derart aneinander angeschlossen sein, daß Stative und sonstige Teile eine Vertauschungsmöglichkeit bieten. Bisweilen handelt es sich dabei um Kleinigkeiten, die zunächst unwesentlich erscheinen, wie etwa, daß alle Stativstäbe denselben Durchmesser, alle zum Befestigen dienenden Muffen usw. gleiche Schrauben haben sollten. Ein verlorener Teil ist dann sofort ersetzt, alle Teile sind gegeneinander vertauschbar und die Verwendungsmöglichkeit eine viel größere . . . Die Anschaffungen brauchen sich in vielen Fällen nur auf einen Zusatzteil, statt auf einen ganzen neuen Apparat zu erstrecken und damit wird wieder erzielt, daß mit einem gegebenen Etat mehr auszurichten ist . . . Die Ausarbeitung eines derartigen in sich abgeschlossenen Universalinstrumentariums wäre in der Tat ein dankenswertes Unternehmen." Der Volkmannsche Baukasten ist nun in der Tat ein bemerkens- und empfehlenswerter Anlauf dazu; zwar nicht etwas prinzipiell Neues, denn in Amerika hat man ähnliches schon längst, aber doch etwas, das durchaus beachtenswert ist, und dem man nur im Interesse der Sache recht weite Verbreitung wünschen kann.

Über dem neuen Guten aber darf nicht das schon vorhandene Gute vergessen werden und somit geziemt es sich hier, darauf hinzuweisen, daß die in weitesten Kreisen bekannten und wohleingeführten Physikalischen Demonstrationen Weinholds in vierter Auflage erschienen sind.

**A. F. Weinhold, Physikalische Demonstrationen.** Anleitung zum Experimentieren im Unterricht an Gymnasien, Realgymnasien, Realschulen und Gewerbeschulen. 4. verb. u. verm. Auflage. Lex. 8. Mit 4 lith. Tafeln und gegen 600 Figuren im Text. Leipzig, Quandt & Händel. 1905. Gebunden in Halbfranz M. 30,—.

Weinholds „Demonstrationen" sind so bekannt, daß es keines weiteren Wortes bedarf, diesem Werke die Aufmerksamkeit unseres Leserkreises zu sichern. Zu bedauern ist aber aufs höchste die Bemerkung auf S. 789, welche die Lichttelephonie Ruhmer zuschreibt. Gerade wegen des Ansehens, welches das Werk genießt, ist solch historisches Versehen von erheblicher Tragweite.

Rühmlichst zu nennen ist auch das im ersten Teile vorliegende Werk von

**H. Hahn, Physikalische Freihandversuche** Unter Benutzung des Nachlasses v. B. Schwalbe zusammengestellt und bearbeitet. I. Teil: Nützliche Winke, Maß und Messen, Mechanik der festen Körper. gr. 8. XVI u. 187 S. mit 269 Figuren. Berlin. O. Salle. 1905. M. 3.—, geb. M. 3.75.

Der Verfasser verarbeitet und publiziert hier den reichen darauf bezüglichen Nachlaß des leider zu früh verstorbenen früheren Direktors des Dorotheenstädtischen Realgymnasiums zu Berlin, G. Schwalbe. Der vorliegende erste Teil enthält in sehr übersichtlicher Anordnung eine gewaltige Zahl von mit einfachen Mitteln ausgeführten Versuchen aus der Mechanik, deren Wert für den physikalischen Unterricht nicht zu unterschätzen ist. Eine derartige Zusammenstellung ist in deutscher Sprache überhaupt

noch nicht, aber auch englisch und französisch wohl kaum in dieser reifen Gestalt vorhanden.

Ebenfalls in neuer Auflage im Erscheinen ist das beliebte Werk:

**J. Fricks Physikalische Technik oder Anleitung zu Experimentalvorträgen sowie zur Selbstherstellung einfacher Demonstrationsapparate.** 7. vollkommen umgearbeitete und stark vermehrte Auflage von O. Lehmann. In zwei Bänden. Erster Band. 2. Abteilung. gr. 8. XX u. 1000 S. mit 1905 Abbildungen. Braunschweig, Fr. Vieweg & Sohn. 1905. M. 24,—. Gebunden in Halbfranz M. 26.—.[1])

Gegen die 6. Auflage völlig umgearbeitet und stark vermehrt, hat jetzt der erste Band allein ca. 4000 Abbildungen und einen Umfang, der über den des ganzen Werkes in der vorigen Auflage hinausgeht. Weiteres zu sagen ist überflüssig. E. Bose.

1) $I_1$: Vergl. diese Zeitschrift **5**, 830, 1904.

---

**Lehrbuchliteratur der Experimentalphysik.**

Auf dem Gebiete der Lehrbuchliteratur sind vorwiegend eine Reihe von Neuauflagen zu erwähnen. Als alter Bekannter erscheint hier zunächst:

**Müller-Pouillets Lehrbuch der Physik und Meteorologie.** Zehnte umgearbeitete und vermehrte Auflage herausgegeben von L. Pfaundler unter Mitarbeitung von Fachgenossen. 4 Bände mit über 3000 Abbildungen und Tafeln, zum Teil in Farbendruck. Erster Band: L. Pfaundler: Mechanik und Akustik. I. Abteilung. gr. 8. XIV u. 544 S. mit 593 Abbildungen. Braunschweig, Fr. Vieweg & Sohn. 1905. M. 7,—,

das, in zehnter Auflage erscheinend, gewissermaßen ein Jubiläum feiert. Es wäre unnötig, dem vorliegenden Band 1 besondere Geleitworte zu geben, denn der Müller-Pouillet ist aufs beste eingeführt und wird ohne Zweifel auch in seiner Jubiläumsauflage den wohlverdienten Leserkreis finden.

Im gleichen Verlage ist ferner als Fortsetzung der deutschen Ausgabe von Chwolsons Lehrbuch der Physik der dritte Band dieses schon früher in dieser Ztschr. **5**, 535, 1904 besprochenen Werkes erschienen:

**O. D. Chwolson, Lehrbuch der Physik.** 3. Band: Die Lehre von der Wärme. Übersetzt von E. Berg. gr. 8. XI u. 988 S. mit 259 Abbildungen. Braunschweig, Fr. Vieweg & Sohn. 1905. M. 16,— gebunden in Halbfranz M. 18.—.

Dieser Band umfaßt die Wärmelehre und schließt sich in der vorzüglich sachverständigen und gewissenhaften Bearbeitung aufs beste dem bisher erschienenen Teile des Werkes an.

Eine Neuauflage hat auch

**F. Neesen, Die Physik in gemeinfaßlicher Darstellung für höhere Lehranstalten, Hochschulen und zum Selbststudium.** 2. vermehrte Auflage. gr. 8. IX u. 384 S. mit 294 Abbildungen und 1 Spektraltafel. Braunschweig, Fr. Vieweg & Sohn. 1905. M. 4,—, gebunden M. 4,50.

Das kaum für die Leser unserer Zeitschrift bestimmte Werk beweist durch sein Neuerscheinen nach verhältnismäßig kurzer Zeit, daß es den Bedürfnissen eines beträchtlichen Leserkreises zu entsprechen scheint und wird dies mit der auf das Niveau der heutigen Kenntnisse erhobenen 2. Auflage gewiß noch in erhöhtem Maße der Fall sein.

Ein weiteres verdienstliches Werk des Viewegschen Verlages ist soeben in der Übersetzung des dänischen Werkes von La Cour und Appel erschienen.

**P. La Cour u. J. Appel, Die Physik auf Grund ihrer geschichtlichen Entwicklung für weitere Kreise in Wort und Bild dargestellt.** Autorisierte Übersetzung von G. Siebert. gr. 8.
I. Band: XII u. 496 S. mit 419 Abbildungen und 2 Tafeln.
II. Band: VIII u. 491 S. mit 380 Abbildungen und 4 Tafeln.
Braunschweig, Fr. Vieweg & Sohn. 1905. M. 15,—, gebunden M. 16,50.

Das klar und interessant geschriebene Werk dürfte nach Ansicht des Referenten besonders wertvoll sein in der Hand des Lehrers an höheren Schulen, dem es als vorzügliche Ergänzung der eigentlichen Lehrbücher gewiß gelegen kommen wird. Ein geeignetes (natürlich ohne Einpauken von Jahreszahlen usw. betriebenes) Betonen des historischen Entwicklungsganges gewisser Lehren der Physik kann das Interesse am Unterrichte ganz wesentlich steigern, zumal bei den nicht speziell naturwissenschaftlich interessierten Schülern, die oft erst durch derartige Zugaben Geschmack an der Sache gewinnen.

Ein ganz vorzügliches Werk ist auch das nunmehr in dritter Auflage vorliegende zweibändige Werk:

**L. Dressel, S. J., Elementares Lehrbuch der Physik nach den neuesten Anschauungen für höhere Schulen und zum Selbstunterricht.** Zwei Bände. 3. vermehrte und umgearbeitete Auflage. 8. XXVI u. 1064 S. mit 655 Figuren. Freiburg i. B., Herdersche Verlagshandlung. 1905. M. 16.—, geb. M. 17,60.

Dies Werk stellt ein in Form und Inhalt mustergültiges Lehrbuch mäßigen Umfangs in der Physik dar und kann nur auf das aufrichtigste empfohlen werden. E. Bose.

---

**Josse, E., Neuere Wärmekraftmaschinen.** Versuche und Erfahrungen mit Gasmaschinen, Dampfmaschinen, Dampfturbinen usw. Gr. $4^0$. 108 S. mit 87 Textabbildungen und 1 Tafel. (Zugleich Heft 4 der Mitteilungen aus dem Maschinen-Laboratorium der Kgl. Techn. Hochschule zu Berlin.) München, R. Oldenbourg. 1905. M. 7,—.

Hier ist ein reiches Material von Untersuchungen charakteristischer Wärmekraftmaschinen moderner Konstruktion zusammengestellt. Die Untersuchungen sind in erster Linie technisch-wirtschaftliche, während die thermodynamischen Gesichtspunkte zurücktreten. Photographien der untersuchten Maschinen sind in großer Zahl in den Text eingefügt. H. Hort.

---

**H. Pellat, Cours d'électricité.** Band I u. II. Paris 1901 u. 1903, Gauthier-Villars. Frcs. 10,— u. 18,—. (Band III, der Elektrolyse, Elektrokapillarität etc. umfassen soll, befindet sich in Vorbereitung.)

Der Inhalt des vorliegenden Lehrbuchs der Elektrizität weicht ziemlich erheblich ab von dem, was wir im allgemeinen von einem solchen erwarten. So sind z. B. den elektrischen Schwingungen und Wellen von etwa 900 Seiten nur 30 gewidmet. Der Maxwellsche Verschiebungsstrom wird in einem Anhang auf 3 Seiten, die Fortpflanzung einer ebenen elektrischen Welle in einem Anhange auf 8 Seiten behandelt. Auch die Behandlung der Galvanometer läßt manches zu wünschen übrig; es wird zwar das Thomsonsche astatische Galvanometer erwähnt, aber z. B. nichts von den gepanzerten Galvanometern desselben Typus. Andererseits ist hervorzuheben, daß die Darstellung meist klar und von der Eleganz ist, durch die sich die französischen Lehrbücher auszeichnen pflegen. Cl. Schaefer.

(Eingegangen 22. Dezember 1905.)

## Briefkasten.

**An die Redaktion der Physikalischen Zeitschrift, Göttingen.**

Sehr geehrte Redaktion!

In No. 5 dieser Zeitschrift (7, 163, 1906) ist mehrfach Bezug genommen auf Untersuchungen über die Empfindlichkeit und Trägheit von Selenzellen, die Herr Ernst Ruhmer im 3. Jahrgang der Physikalischen Zeitschrift veröffentlicht hat. Da diese Veröffentlichung Ruhmers schon mehrfach zu Mißdeutungen Anlaß gegeben hat, so bitte ich Sie nachstehende Zeilen zur Kenntnis Ihrer Leser zu bringen.

In dem erwähnten Bericht (vergl. diese Zeitschrift, 3. Jahrgang, Seite 468 u. f.) gibt Ruhmer die Prüfungsergebnisse von 5 angeblich untersuchten Selenzellen wieder, von denen die schlechteste als „Clausens Zelle" bezw. (in der Kurve) als „Zelle von Cl. & v. Br." bezeichnet ist, während die übrigen vier als „eigne Zellen" benannt sind. Demgegenüber kann ich den Nachweis führen, daß mindestens zwei dieser „eignen" Zellen und zwar Nr. 69 und 77, nicht von Herrn Ernst Ruhmer, sondern von mir hergestellt sind. Schon das Alter dieser beiden Selenzellen (Zelle Nr. 69 war damals 2 Jahre alt und Zelle Nr. 77 $1\frac{1}{2}$ Jahre alt) verrät die Tatsache, daß Herr Ruhmer diese beiden Zellen nicht angefertigt hat, weil er zu damaliger Zeit überhaupt noch keine Selenzellen herstellen konnte, wie dies aus zahlreichen Briefen Ruhmers an die Firma Clausen & v. Bronk hervorgeht und wie dies auch nachstehender Vertrag beweist:

Berlin, den 24. August 1901.

Hierdurch verpflichte ich mich, über die mir heute mitgeteilte Herstellung der Clausen & v. Bronkschen Selenzellen Stillschweigen zu bewahren und diese Kenntnis weder geschäftlich noch sonstwie auszubeuten, bei einer Konventionalstrafe von 3000 Mark. Herr v. Bronk verpflichtet sich, mir alle Einzelheiten mitzuteilen. Selenzellen, die ich verkaufe, beziehe ich von Herrn v. Bronk.

gez. Ernst Ruhmer
Berlin S.W. 48, Friedrichstr. 248.

Wenn man ferner berücksichtigt, daß Herr Ruhmer an anderer Stelle (vergl. „Der Mechaniker", Jahrg. 9, S. 88 u. 89) früher ganz andere Prüfungsergebnisse über die Clausen & v. Bronkschen Selenzellen veröffentlicht hat, in denen er hervorhebt, „daß es möglich war, mit einer solchen Zelle das auf dieselbe fallende ‚sprechende Licht' zu Gehör zu bringen, ohne daß man das Telephon an das Ohr zu nehmen brauchte", so wird man den wahren Wert der Ruhmerschen Untersuchungen ermessen können.

Seitdem Herr Ruhmer selbst (oder richtiger gesagt, sein Vater) Selenzellen herstellt, hat er es in seinen Veröffentlichungen auch stets vermieden, mich als denjenigen zu nennen, der zuerst den Luftabschluß bei den Selenzellen einführte, so daß vielfach die irrige Ansicht verbreitet ist, dieses wäre ein Erfindungsgedanke Ruhmers. Daß Ruhmer diesen Luftabschluß nicht etwa unabhängig von mir „nacherfunden" hat, geht schon aus einer Veröffentlichung Ruhmers im „Mechaniker" vom 20. Januar 1901 (Jahrgang 9, S. 14) hervor, in welcher er ausdrücklich eine luftabgeschlossene Selenzelle von mir erwähnt.

Berlin, 10. März 1906
Reichenbergerstr. 36.

Hochachtungsvoll
Otto v. Bronk
i. Fa.: Clausen & v. Bronk.

## Fragekasten.

Wie läßt sich Palladiumrohr in Glas einschmelzen? Daß es geschehen kann, beweisen die Regenerationsvorrichtungen an Röntgenröhren. Die Beantwortung dieser dem Physiker wichtigen Frage ist aber Geschäftsgeheimnis der Fabrikanten. — Vielleicht kann einer der Leser Auskunft geben.

E. M.

## Personalien.

**(Die Herausgeber bitten die Herren Fachgenossen, der Redaktion von eintretenden Änderungen möglichst bald Mitteilung zu machen.)**

In Bonn habilitierte sich Dr. E. Mannheim für analytische Chemie.

Ernannt wurden der a. o. Professor für Physik August Hagenbach am Polytechnikum in Aachen zum Ordinarius in Basel, der Direktor der ersten Brünner Maschinenfabriks-Aktiengesellschaft, Dipl.-Ingenieur Leopold Kliment zum o. Professor der Maschinenlehre und des Maschinenbaues an der deutschen Technischen Hochschule in Brünn, der o. Professor der Mathematik an der deutschen Universität in Prag Dr. Josef Anton Gmeiner zum o. Professor desselben Faches an der Universität in Innsbruck.

Privatdozent Dr. phil. Walther Roth hat einen Ruf als

a. o. Professor an die Universität Greifswald angenommen. Als Nachfolger des vor kurzem verstorbenen Professors von Borries zu Berlin ist in die Professur für Eisenbahnmaschinen, Betriebs- und Signalwesen Professor Obergethmann von der Technischen Hochschule Aachen berufen worden.

Verliehen wurde dem Privatdozent für anorganische Chemie an der Universität Bern Dr. phil. Julius Mai der Titel eines Professors, dem o. Professor der Physik an der Universität Czernowitz Dr. Alois Handl bei seinem Rücktritt vom Lehramt der Titel eines Hofrats.

Der o. Professor für Maschinenlehre und Maschinenbau an der deutschen Technischen Hochschule in Brünn, Hofrat G. Wellner, scheidet demnächst nach dreißigjähriger Tätigkeit aus dem Lehramte. Der erste Beobachter an der Königlichen Sternwarte zu Berlin Professor Dr. phil. Viktor Knorre tritt mit 1. April d. J. in den Ruhestand. Geh. Hofrat Dr. Arwed Fuhrmann, o. Professor der Mathematik und Vermessungslehre an der Technischen Hochschule zu Dresden, ist in den Ruhestand getreten.

Gestorben ist der Chemiker Professor Dr. Ogden Doremus in New York, 83 Jahre alt, der Professor der Mathematik an der Harvard-Universität James S. Pierce in Boston, 71 Jahre alt, der a. o. Professor für theoretische Physik an der Universität Bonn Dr. Hermann Lorberg, Professor A. Emmerling, der Leiter der Agrikulturchemischen Anstalt an der Universität Kiel, auf einer Erholungsreise in Baden-Baden, Professor für Chemie an der Universität Lausanne George Brelaz.

## Vorlesungsverzeichnis für das Sommersemester 1906.

### Technische Hochschule Aachen.

**Wüllner**: Experimentalphysik II: Licht, Wärme, 6; Physik in mathematischer und experimenteller Behandlungsweise, 3; Übungen im physikalischen Laboratorium (mit Hagenbach und Bernoulli), tägl. — **Hagenbach**: Experimentalphysik: Wärme, Schall, Licht, 2; Physikalische Chemie, 2. — **Polis**: Meteorologie II: Klimatologie, 2; Ausgewählte Kapitel der Meteorologie II, 1; Meteorologische Technik, 1; Übungen im Meteorologischen Observatorium. — **Grotrian**: Allgemeine Elektrotechnik, 5; Theoretische Elektrotechnik, 2; Elektrotechnisches Praktikum. — **Rasch**: Elektrische Starkstromanlagen, 2; Elektrische Bahnen, 3; Elektrotechnische Konstruktionsübungen, 2. — **Finzi**: Ausgewählte Kapitel aus der Elektrotechnik, 1; Die magnetischen Eigenschaften des Eisens, 1. — **N. N.**: Hebemaschinen und Dampfmaschinen, 5, Übungen, 6. — **N. N.**: Mechanische Technologie I, 3; Fabrikanlagen und Arbeitsmaschinen, 2, Zeichnen, 2. — **Weber**: Mechanische Technologie II, 4. — **Junkers**: Maschinentechnisches Laboratorium I, 1, II, tägl.; Ortsfeste und Großgasmaschinen, 3, Übungen, 4. — **Köchy**: Lokomotivbau I, 1, II, Zeichnen, 2; Eisenbahnmaschinenbau, Zeichnen, 2; Maschinenelemente, 4, Übungen, 5; Eisenbahnwagenbau, 2. — **Obergethmann**: Pumpen, 2; Berg- und Hüttenmaschinen, 3, Übungen, 4. — **Pinzger**: Wärmemechanik, 2; Ausgewählte Kapitel aus dem Maschinenbau, 4, Zeichnen, 2; Kinematik, 2, Zeichnen, 2. — **Lutz**: Automobile Verbrennungsmaschinen, 3, Übungen, 2; Maschinenzeichnen, 1, Übungen, 4. —

**Bredt**: Experimentalchemie: Organischer Teil, 6; Organisches Praktikum (mit Levy); Anleitung zu selbständigen Arbeiten auf dem Gebiete der organischen Chemie. — **Classen**: Allgemeine und anorganische Experimentalchemie, 4; Anorganisches Praktikum (mit Clören, Hinrichsen, Köster und Salm); Elektrochemisches Praktikum. — **Rau**: Chemische Technologie, 4; Entwerfen von chemischen Fabrikanlagen, 4; Chemisch-technisches Praktikum (mit Strutz und Hahn). — **N. N.**: Analytische Chemie, 2. — **Kapff**: Färberei und Textilchemie, 2. — **Hinrichsen**: Phasenlehre, 2. —

**Blumenthal**: Höhere Mathematik II, 3, Übungen, 1; Algebraische Analysis, 4; Mathematisches Seminar, 2 *g*. — **Jürgens**: Höhere Mathematik I, mit Übungen, 6; Elemente der analytischen Geometrie und der Differential- und Integralrechnung, mit Übungen, 5. — **Kötter**: Darstellende Geometrie, 4, Zeichnen, 4; Elemente der darstellenden Geometrie, 2, Zeichnen, 2. — **Sommerfeld**: Mechanik I, 4, Übungen, 1, II, 3, Übungen, 1. — **Schumann**: Praktische Geometrie I, 3, II, 2; Geodätisches Praktikum I, 2; Planzeichnen und Geodätisches Praktikum II, 4; Ausgewählte Kapitel der Geodäsie, 1 *g*; Geographische Ortsbestimmung, 2; Eisenbahntracieren. — **Haußmann**: Markscheiden und Feldmessen, 3, Übungen, 1 Tag; Markscheiderische Zeichen- und Rechen-Übungen, 2; Ausgleichungsrechnung, 1, Übungen, 2; Markscheiderisches Seminar, 2; Instrumentenkunde, Übungen, 2. —

### Universität Basel.

**Hagenbach-Bischoff**: Experimentalphysik I, 6; Behandlung physikalischer Aufgaben, 2 *g*; Übungen im physikalischen Laboratorium (mit Veillon), 2. — **VonderMühll**: Einleitung in die mathematische Physik, 5 (1 *g*), Übungen, 2 *g*; Ein Kapitel der mathematischen Physik, 4; Mathematisch-physikalische Übungen, 2 *g*. —

**Nietzki**: Chemisches Vollpraktikum (mit Rupe und Fichter), tägl.; Chemie der aromatischen Verbindungen, 3; Chemisches Kolloquium (mit Rupe und Fichter), 1 *g*. — **Rupe**: Theorie und Praxis der Molekelgewichtsbestimmungen, 1; Stereochemie, 1. — **Fichter**: Anorganische Experimentalchemie, 6; Analytisches Halbpraktikum für Anfänger, 9. — **Kreis**: Chemie der Nahrungs- und Genußmittel, 2; Übungen in der Untersuchung von Lebensmitteln, 4; Arbeiten im Laboratorium, tägl. — **Nienhaus**: Pharmakognosie, 3; Pharmazeutische Chemie, 2; Pharmazeutisch-chemisches Praktikum, 6; Mikroskopie, 2; Pharmazeutisches Kränzchen, 1 *g*. — **Müller**: Stöchiometrie und chemische Energie (ohne Anwendung höherer Mathematik), 2. —

**Kinkelin**: Anwendungen der Differential- und Integralrechnung, 3; Analytische Geometrie, 3; Versicherungsrechnung, 3. — **Riggenbach**: Geographische Ortsbestimmung, 3. — **Spieß**: Spezielle Differentialgleichungen: Kugelfunktionen usw., 3; Determinanten, 1. — **Großmann**: Darstellende Geometrie, 2; Nichteuklidische Geometrie, 2. —

### Universität Berlin.

**Drude**: Experimentalphysik I: Mechanik, Wärme, Akustik, 5; Praktische Übungen für Anfänger (mit Blasius), 7, für Pharmazeuten, 3, für Geübtere, tägl.; Physikalisches Kolloquium, 14tägig, 2 *g*. — **Warburg**: Ausgewählte Kapitel aus der theoretischen Physik, 2. — **Planck**: System der gesamten Physik, 4; Mathematisch-physikalische Übungen, 1 *g*. — **Neesen**: Grundlagen der Ballistik, 2. — **Blasius**: Übungen im Anschluß an das physikalische Praktikum, 1 *g*; Physikalischer Kursus für Mediziner, $3^1/_2$. — **E. Meyer**: Ausgewählte Kapitel der technischen Mechanik, 2. — **Weinstein**: Kinetische Gastheorie, 3. — **Krigar-Menzel**: Theoretische Physik IV: Optik, 4. — **Slaby**: Funkentelegraphie, 2 *g*. — **Aschkinaß**: Die Radioaktivität, mit Experimenten, 1. — **Martens**: Theorie und Anwendung optischer Instrumente, 1 *g*. — **Börnstein**: Experimentalphysik II: Optik und Elektrizitätslehre, 3; Physikalische Arbeiten für Geübtere, tägl.; Übungen in Herstellung und Gebrauch physikalischer Unterrichtsapparate, 4; Das Wetter und seine Voraussagung, 1 *g*. — **Fock**: Einleitung in die Physik und Chemie, 1; Elemente der Kristallographie. — **Gehrcke**: Theorie der Wechselströme, 1. — **Grüneisen**: Hydrodynamik reibender Flüssigkeiten, 1 *g*. — **v. Ihering**: Maschinenkunde, mit Übungen, 4. — **Valentiner**: Vektorentheorie mit besonderer Berücksichtigung ihrer Anwendung in der theoretischen Physik, 1 *g*. — **v. Bezold**: Theoretische Meteorologie I: Statik und Dynamik der Atmosphäre, 2; Meteorologische Übungen a) für Anfänger, 3, b) für Geübtere, 15 oder 25; Meteorologisches Kolloquium, 1 *g*. — **Hellmann**: Einleitung in die Meteorologie: Instrumente, Beobachtungen, Geschichte, 2; Klimatologische Übungen, 1 *g*. — **Leß**: Einführung in die Klimatologie, 1; Über die jeweiligen Witterungsvorgänge, 1 *g*. —

**E. Fischer**: Praktische Arbeiten im ersten chemischen Universitäts-Laboratorium (mit Gabriel, Pschorr, Stock, Diels und F. Fischer), tägl. — **Nernst**: Anorganische Experimentalchemie, 5; Thermodynamische Behandlung chemischer Prozesse, 1 *g*; Praktische Übungen und Arbeiten im physikalisch-chemischen Laboratorium: a) anorganisch-chemisches Praktikum (mit Marckwald), tägl., b) physiko-chemische Übungen (mit Roth), 7, c) physiko-chemische Arbeiten (mit

Jahn), tägl. — **van't Hoff**: Ausgewählte Kapitel der physikalischen Chemie, 1 *g*. — **Claisen**: Organische Experimentalchemie, 5. — **Wichelhaus**: Technologie für Chemiker I: Anorganische Stoffe, mit Experimenten und Exkursionen, 4, Übungen, tägl. — **Pinner**: Anorganische Experimentalchemie, 6; Organische Experimentalchemie, 4. — **Liebermann**: Organische Experimentalchemie II: Aromatische Reihe, Farbstoffe, Alkaloide etc., 5; Praktische Übungen im organisch-chemischen Laboratorium, tägl. — **Thoms**: Pharmazeutische Chemie, organischer Teil, mit Experimenten, 4; Grundzüge der Nahrungsmittelchemie und Harnanalyse, 1½; Praktische Übungen im pharmazeutischen Institut (mit W. Traube), tägl. — **Jahn**: Elektrochemie, 2. — **Biedermann**: Technische Chemie I: Die anorganischen Stoffe, mit Demonstrationen, 4. — **Gabriel**: Maßanalyse, 1. — **Schotten**: Ausgewählte Kapitel der physiologischen und technischen Chemie, 2. — **Marckwald**: Stereochemie, 1. — **Rosenheim**: Anorganisch-chemisches Praktikum (mit R. J. Meyer und Koppel), tägl. — **W. Traube**: Quantitative chemische Analyse, 1. — **v. Buchka**: Geschichte der Chemie, 2; Chemie der Nahrungsmittel, Genußmittel und Gebrauchsgegenstände, mit Berücksichtigung der einschlägigen Gesetzgebung, 4. — **Meyerhoffer**: Phasenlehre, 1. — **Roth**: Elektrolytische Dissoziationstheorie, Begründung und Anwendung auf die chemische Analyse, 1; Physikalisch-chemische Analysenmethoden, 1. — **Emmerling**: Über Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung sowie chemische und mikroskopische Wasseruntersuchung, 1. — **R. J. Meyer**: Praktische Übungen in der Gas- und Maßanalyse, 3. — **Buchner**: Überblick der organischen Experimentalchemie, 3; Die Gärungstheorien, mit Experimenten, 1; Anorganisch- und organisch-chemisches Praktikum (mit Meisenheimer), tägl. — **Pschorr**: Chemie der Alkaloide, 1. — **Spiegel**: Beziehungen zwischen chemischer Konstitution und physiologischer Wirkung (rationelle Arzneimittelsynthese), 2. — **Neuberg**: Chemie der Kohlehydrate, für Chemiker und Mediziner, 1; Die chemischen Vorgänge im Tierkörper, für Chemiker und Mediziner, 1 *g*. — **Sachs**: Chemie der Farbstoffe, 1. — **Koppel**: Allotropie der Elemente und Isomerie anorganischer Verbindungen, 1. — **O. Diels**: Einführung in die Arbeitsmethoden der organischen Chemie, 1. — **Stock**: Die apparativen Hilfsmittel des experimentierenden Chemikers, 1. — **Meisenheimer**: Anleitung zu chemischen Schulversuchen, 2. — **Jacobson**: Besprechung chemischer Tagesfragen, 1. — **F. Fischer**: Einführung in die theoretische Chemie, 1. —

**Schwarz**: Elementargeometrische Behandlung einiger Aufgaben des Maximums und Minimums, 2 *g*; Theorie der analytischen Funktionen II, 4; Über krumme Flächen und Kurven doppelter Krümmung, 4; Mathematische Kolloquien, 14tägig, 2 *g*. — **Frobenius**: Theorie der Determinanten, 4. — **Knoblauch**: Anwendungen der elliptischen Funktionen, 4; Analytische Geometrie, 4; Theorie der Strahlensysteme, 1 *g*. — **Lehmann-Filhés**: Analytische Mechanik, 4. — **Landau**: Über den Picardschen Satz, 4. — **Schottky**: Differentialrechnung, 4, Übungen, 1 *g*; Abelsche und Thetafunktionen, 2. — **Hettner**: Wahrscheinlichkeitsrechnung, 2. — **Schur**: Integralrechnung, 4, Übungen, 1 *g*. — **Foerster**: Geschichte der alten Astronomie, 2; Theorie und Kritik der Zeitmessung, 2; Fehlertheorie im Lichte der Astronomie, 1 *g*. — **Struve**: Sphärische Astronomie I, 2; Übungen an den Instrumenten der Sternwarte, *g*. — **Helmert**: Gradmessungen, Theorie, 1 *g*; Theorie der Kartenprojektionen, 1. — **Bauschinger**: Mechanik des Himmels, neuere Theorien, 3; Einrichtung und Gebrauch der Planetentafeln, 1 *g*. — **Scheiner**: Über die Temperatur der Sonne, 1; Astrophysikalisches Kolloquium, 1 *g*. — **Marcuse**: Theorie und Anwendung astronomischer Instrumente, besonders für die Zwecke geographischer Ortsbestimmung, mit Demonstrationen und Exkursionen, 2; Einführung in die astronomische Geographie und Erdphysik: Ebbe und Flut, Erdmagnetismus, 1½. — **Ristenpart**: Gemeinverständliche Himmelskunde u. Beobachtungen interessanter Objekte am Fernrohr, 1½; Einführung in die astronomische Chronologie und das Kalenderwesen, 1. —

## Technische Hochschule Berlin.

**Kurlbaum**: Experimentalphysik, 4; Physikalische Übungen, 4, für Chemiker, 2. — **Grunmach**: Magnetische und elektrische Maßeinheiten und Meßmethoden, 2; Physikalische Maßbestimmungen und Meßinstrumente, Übungen, 4. — **Kalischer**: Die physikalischen Grundlagen der Elektrotechnik I, 2; Elektromagnetismus und Induktion mit besonderer Berücksichtigung der Elektrotechnik, 4; Grundzüge der Elektrochemie, 2. — **Krigar-Menzel**: Theorie des Lichtes, 4; Theorie der Wärmeleitung und der Strahlung, 2. — **Rubens**: Experimentalphysik, 4; Übungen im physikalischen Laboratorium: Physikalische Messungen, 4. — **Gleichen**: Photographische Optik und Anleitung zur Berechnung photographischer Objektive, 2. — **Groß**: Mechanische Wärmetheorie, 4; Ausgewählte Kapitel aus der mechanischen Wärmetheorie, 2; Einleitung in die Potentialtheorie, 2; Theorie des Galvanismus, 2; Gastheorie, 2; Grundzüge der Energetik, 1. — **Kassner**: Meteorologische Einleitung in die Lehre vom Hoch- und Tiefbau, 1. — **Miethe**: Spektralanalyse, mit Übungen, 2; Photochemie und photomechanische Prozesse, 2; Konstruktionstypen photographisch-optischer Instrumente, 1; Praktische Arbeiten im photochemischen Laboratorium, tägl.; Photographische Übungen in den gebräuchlichen Prozessen, 16; Lichtpausübungen, 2 oder 4wöchige Kurse. — **Byk**: Theoretische Photochemie I: Chemische Optik, Zusammenhang zwischen optischen Eigenschaften und Konstitution, 1. — **Slaby**: Elektromechanik, 4; Ausgewählte Kapitel aus der Elektromechanik, 2; Übungen im Elektrotechnischen Laboratorium (mit W. Wedding), 4 Tage. — **Servus**: Einführung in das Studium der Elektrotechnik, 2, Übungen, 1; Theorie der Schwingungen mit besonderer Rücksicht auf die elektrischen Schwingungen, 2. — **W. Wedding**: Einführung in die Elektrotechnik, 4; Übungen im Elektrotechnischen Laboratorium, 4; Elektrotechnische Meßkunde, 2; Beleuchtungstechnik, 2. — **W. Reichel**: Einleitung in die elektrotechnische Konstruktionslehre, 2; Elektrotechnische Konstruktionslehre, 4; Übungen im Entwerfen elektrischer Apparate und Maschinen, 8; Übungen im Elektrotechnischen Versuchsfeld, 4 bezw. 8; Elektrische Bahnen, Elektrische Bahn- und Kraftanlagen, 2, Übungen, 3. — **Klingenberg**: Projektierung elektrischer Anlagen, 2, Übungen, 3. — **Strecker**: Elektrotelegraphie, 2. — **Breslauer**: Die Arbeitsmethoden des Ingenieurs im Berechnungsbureau und Probierfeld einer Dynamofabrik, Praktischer Entwurf elektrischer Maschinen an Beispielen, 2. — **Kallmann**: Betriebstechnik für Elektrizitätswerke und Straßenbahnen, 2; Elektrische Einrichtungen moderner Zentralen und Leitungsnetze, 2. — **Vogel**: Galvanische Elemente und Akkumulatoren, 2. — **Zehme**: Wechselstrom-Bahnen, 2; Elektrische Kanalbahnen, 2. — **Frölich**: Einleitung in die Elektrotechnik für Chemiker, 1. — **Riedler**: Arbeitsmaschinen, Übungen, 4; Verbrennungsmaschinen, 3, Übungen, 4. — **W. Hartmann**: Kinematische Geometrie und theoretische Kinematik, 2; Maschinengetriebe: Anwendungen der Kinematik, 2. — **Süersen u. Pflug** (vertretungsweise an Stelle des †Prof. Borries): Eisenbahnmaschinenbau, Fahrzeuge, Oberbau, Betriebs- und Verkehrs-Anlagen, Unterhaltung, 4, Übungen, 4; Kraftwagen (Automobilen), Übungen, 2; Eisenbahn-Maschinenwesen, 2. — **Heyn**: Mechanische Technologie I und Eisenhüttenkunde, 2; Mechanische Technologie II und Materialienkunde, 4, Übungen, 2. — **Hörmann**: Spezielle mechanische Technologie, 4; Werkzeugmaschinen, 2. — **Josse**: Wärmetechnik, 2; Übungen im Maschinen-Laboratorium I, 14tägig, 5, II, 6, III, 8. — **Kammerer**: Maschinenelemente, 8; Hebemaschinen, 4; Entwerfen von Hebemaschinen, 4; Entwerfen von schwierigeren Hebemaschinen und von Maschinen zu Verkehrsanlagen für staatliche, kommunale und industrielle Betriebe, 4. — **Leist**: Technik der Kälteerzeugung, 4; Mechanik I, 4, Übungen, 2. — **Ludewig**: Wasserkraftmaschinen (einschließlich Zentrifugalpumpen), Übungen, 4; Dampfkessel, 2, Übungen, 4. — **Martens**: Materialprüfungswesen, 2, Übungen, 2. — **E. Meyer**: Mechanik I, 4, Übungen im Festigkeits-Laboratorium, 3; Ausgewählte Kapitel der technischen Mechanik, 2. — **E. Reichel**: Einleitung in den Maschinenbau, 2, Übungen, 6; Entwerfen von Wasserkraftmaschinen, Übungen, 4. — **Schlesinger**: Werkzeugmaschinen, 2, Übungen, 4; Fabrikbetriebe und -Anlagen, mit Seminar, 2, Übungen, 4. — **Stumpf**: Dampfturbinen, 4, Übungen, 8. — **Wehage**: Angewandte Dynamik, 2; Angewandte Hydraulik, 2. — **Schuberg**: Mechanische Technologie, 2; Maschinenkunde I: Maschinenelemente, 1, Übungen im Maschinenzeichnen, 3; Baukonstruktionslehre, 2, Übungen, 4; Konstruktionsübungen für Chemiker (Entwurf von Apparaten und Vorrichtungen zum Erhitzen,

Kühlen, Trocknen, Zerkleinern, Mischen und Destillieren chemischer Substanzen im Großbetriebe) 1, 1, Übungen, 3. — **Heinel**: Die Maschinen zur Gasverdichtung und -Verflüssigung, insbesondere die Kälteerzeugungsmaschinen, 2, Übungen und Seminar, 2. —

**v. Knorre**: Analytische Chemie: Qualitative Analyse, 2; Praktische Arbeiten im elektrochemischen Laboratorium, tägl.; Angewandte Elektrochemie: Elektrometallurgie, Galvanoplastik und Galvanostegie, quantitative Analyse durch Elektrolyse, 4. — **Liebermann**: Organische Chemie II: Aromatische Reihe, zyklische Verbindungen, Farbstoffe, Alkaloide usw., 5; Praktische Arbeiten im organischen Laboratorium, tägl. — **Witt**: Chemische Technologie I: Technologie der Wärme und des Wassers, Technologie der anorganischen Verbindungen (Chemische Großindustrie), 4; Glas, Keramik, Apparatenkunde, 4; Praktische Arbeiten im technisch-chemischen Laboratorium, tägl. — **v. Buchka**: Chemie der Nahrungsmittel mit Berücksichtigung der Nahrungsmittel-Analyse und Bakteriologie, 4; Geschichte der Chemie, 2. — **Erdmann**: Experimentalchemie II, 4; Abriß der Experimentalchemie, 2; Praktische Arbeiten im anorganischen Laboratorium, tägl. — **Holde**: Untersuchung der Mineralöle und übrigen Naphthaprodukte: Benzin, Petroleum, Schmieröle, Paraffin usw., 2; Übungen in der Untersuchung von Heiz- und Leuchtölen, Schmierölen, Paraffin usw., 2. — **Traube**: Thermochemie, 2; Physikalisch-chemische Übungen, 3; Über radioaktive Stoffe und Theorie der Elektronen, 1. — **Arndt**: Einführung in die physikalische Chemie, 2. — **Börnstein**: Verbrennung und Heizung, 1. — **Hauser**: Mathematische Behandlung anorganisch-chemischer Probleme, 2. — **Herzfeld**: Übungen in Zuckeruntersuchungen, 2; Chemie der Ernährung der Pflanzen, 2. — **Junghahn**: Technologie der Proteinstoffe: Albumine (Eiweiß, Casein, künstliche Nährmittel, Blutpräparate usw.), mit Exkursionen, 2. — **Jurisch**: Übungen im Entwerfen von chemischen Anlagen, 4; Luftrecht, 1. — **Köthner**: Grundlagen der Laboratoriumspraxis I und II, 2. — **Kühling**: Maßanalyse, 2; Stöchiometrie, 1. — **Simonis**: Repetitionen aus der organischen Chemie, 2; Organisch-chemische Analyse, 1. — **Stavenhagen**: Einführung in die Experimentalchemie, 2. — **Ullmann**: Ausgewählte Kapitel aus der Farbenindustrie, 1. — **Voswinckel**: Terpene und Kampfer, 1. — **Wolffenstein**: Analyse und Synthesen der organischen Chemie, 2. —

**Hettner**: Höhere Mathematik: Differential- und Integralrechnung, Analytische Geometrie, 6, Übungen, 2; Theorie der Raumkurven und Flächen, 1. — **Dziobek**: Höhere Mathematik: Differential- und Integralrechnung, Analytische Geometrie, 6, Übungen, 2. — **Haentzschel**: Elemente der Mechanik, 4. — **N. N.**: Darstellende Geometrie II, 5, Übungen, 5. — **Hertzer**: Darstellende Geometrie II, 4, Übungen, 4. — **Jolles**: Darstellende Geometrie II, 4, Übungen, 4. — **Lampe**: Höhere Mathematik: Differential- und Integralrechnung, Analytische Geometrie, 6, Übungen, 2; Bestimmte Integrale und Differentialgleichungen, 2. — **Steinitz**: Variationsrechnung, 2; Funktionentheorie II, 2; Niedere Analysis und Algebra, 2; Elemente der darstellenden Geometrie, 2, Übungen, 4. — **Cranz**: Variationsrechnung, 2. — **Hessenberg**: Darstellende Geometrie I, 5, Übungen, 5. — **Fuchs**: Reine Mathematik. — **Petzoldt**: Grundbegriffe der Mechanik, 1 *g*. — **Rothe**: Fouriersche Reihen nebst Anwendungen, 2; Einführung in die Vektorenrechnung, 1 *g*. — **Werner**: Niedere Geodäsie, 4 und 2; Geodätisches Praktikum II, 2; Praktische Übungen im Feldmessen, 4; Planzeichnen, Übungen, 2; Höhere Geodäsie, 2. — **Galle**: Methode der kleinsten Quadrate mit Anwendungen, 2. —

## Universität Bern.

**Forster**: Experimentalphysik I: Allgemeine Physik, Akustik, Optik, 6; Wärmelehre (Schluß), 1 *g*; Repetitorium der Physik, 2; Physikalisches Praktikum, 4; Theoretisch-praktischer Kurs der Photographie, 4. — **Gruner**: Wechselstrommotoren und elektrische Kraftübertragung, 1; Analytische Mechanik, 3, Anwendungen, 1; Einleitung in die theoretische Physik, 2. — **König**: Die elektrischen Akkumulatoren, 1. —

**Friedheim**: Spezielle anorganische Chemie, 5; Qualitative und quantitative Analyse (Metalloide), 2; Ausgewählte Kapitel der chemischen Technologie, 2; Anorganisch-chemisches Praktikum (Halbpraktikum für Anfänger), tägl. außer Sonnabend; Analytisch-chemisches Praktikum für Mediziner, 8; Übungen in der technischen Gasanalyse, 3. — **v. Kostaneoki**: Organische Chemie, 6, Repetitorium, 1; Organisch-chemisches Praktikum, tägl. — **Tambor**: Einführung in die Chemie der organischen Farbstoffe, 2; Repetitorium der carbo- und heterozyklischen Verbindungen, 1. — **Mai**: Anorganisch-chemische Arbeiten; Repetitorium der anorganischen Chemie, 1; Kolloquium über qualitative Analyse, 1. — **Ephraim**: Kolloquium über Themata aus der anorganischen Chemie, 2; Theoretische Einführung in die Laboratoriumsarbeiten über qualitative Analyse, für Anfänger, 1. — **Schaffer**: Chemie der Nahrungs- und Genußmittel, 2; Nachweis der chemischen Konservierung der Nahrungs- und Genußmittel, 1; Praktikum im Laboratorium für Lebensmitteluntersuchung. —

**Graf**: Kugelfunktionen mit Repetitorium, 3; Besselsche Funktionen mit Repetitorium, 3; Bestimmte Integrale mit Repetitorium, 3; Differential- und Integralrechnung, 2; Differentialgleichungen, 2; Renten- und Versicherungsrechnung, 2; Mathematisches Seminar, 2. — **Ott**: Differentialrechnung, 2; Analytische Geometrie der Ebene I, 2. — **G. Huber**: Bahnbestimmung der Planeten und Kometen, 2; Theorie der elliptischen Integrale mit Anwendungen auf die Geometrie, 2. — **Pexider**: Niedere Zahlentheorie II, 3; Elemente der Mengenlehre II, 1; Elemente der analytischen Zahlentheorie, 2; Das Primzahlproblem, 1. — **Benteli**: Elemente der darstellenden Geometrie, 4; Praktische Geometrie, 3. — **Crelier**: Synthetische Geometrie des Raumes, 2; Geometrie des Dreiecks, 2; Geometrische Übungen (französisch), 2. — **Moser**: Versicherung verbundener Leben (Witwen- und Waisenversicherung); Mathematisch-versicherungswissenschaftliches Seminar, 2. —

## Universität Bonn.

**Kayser**: Experimentalphysik II: Elektrizität, Optik, 5; Laboratorium für Anfänger (mit Eversheim), 8, für Vorgeschrittene, tägl.; Physikalisches Kolloquium, 2 *g*. — **Eversheim**: Die elektrische Energie bei wissenschaftlichen Arbeiten, ihre Messung und Verteilung, 1 *g*; Die Elektrizität als Licht- und Kraftquelle, 1 *g*. — **N. N.**: Kinetische Gastheorie, 3 *g*; Mechanik, 4. — **Kaufmann**: Theorie der Wärme, 4, Übungen, 1 *g*. — **Pflüger**: Elektromagnetische Wellen, 1. — **Bucherer**: Über die Elektronentheorie, 1 *g*. —

**Anschütz**: Experimentalchemie I: Anorganische Chemie, 6; Kolloquium über neuere Arbeiten auf dem Gebiete der Chemie, 1 *g*; Chemisches Praktikum für Anfänger und Vorgeschrittene, sowie für Nahrungsmittelchemiker (mit Rimbach, Frerichs und Kippenberger), tägl., für Mediziner (mit Rimbach), tägl. außer Sonnabend. — **Schroeter**: Aromatische Substanzen oder Benzolderivate, 2; Über Teerfarbstoffe, mit praktischen Übungen, 2. — **Schmidt**: Organische Stickstoffverbindungen II: Aromatische Substanzen, 1. — **Rimbach**: Analytische Chemie II: Quantitative Analyse, 2; Theoretische Chemie II: Verwandtschaftslehre, Thermo- und Elektrochemie, 2; Übungen in den wichtigsten physikalisch-chemischen Meßmethoden, 3 *g*, in der technischen Gasanalyse, 2 *g*, in einfachen chemischen Unterrichtsversuchen, 2 *g*. — **Frerichs**: Pharmazeutische Chemie II: Organischer Teil, 3; Arzneimittelprüfung, 1; Übungen im Sterilisieren von Arzneimitteln, *g*. — **Kippenberger**: Grundzüge der Nahrungsmittelchemie, 2; Chemische Technologie, organischer Teil (ausschließlich der Farbstoffchemie), 2. — **Laar**: Photographie I: Negativ- und Silberpositiv-Verfahren, 2; Photographisches Praktikum, halbtägig, *g*. — **Löb**: Physikalische Chemie I: Die allgemeinen Eigenschaften der Stoffe, 2; Grundzüge der Elektrochemie, 1; Osmotischer Druck- und Ionenlehre, 1 *g*. —

**Kowalewski**: Einführung in die Zahlentheorie, 2; Differentialrechnung und Elemente der Integralrechnung, 4, Übungen, 1 *g*; Kritische Übersicht über die neueren Ergebnisse der Mengenlehre, 1. — **London**: Darstellende Geometrie mit Zeichenübungen, 4; Theorie der elliptischen Funktionen, 4. — **Study**: Analytische Geometrie II: Projektive Geometrie, 3; Einleitung in die Invariantentheorie, 3; Mathematisches Seminar (mit London und Kowalewski), 14-tägig, 2 *g*. — **Küstner**: Theorie und Praxis der astronomischen Instrumente, 3; Astronomisches Kolloquium für Vorgeschrittene, 1 *g*; Praktische Übungen im astronomischen Beobachten (mit Mönnichmeyer). — **Mönnichmeyer**: Geographische Ortsbestimmungen, 2. —

## Technische Hochschule Braunschweig.

**Zenneck**: Physikalisches Praktikum (mit Prümm); Experimentalphysik, 4; Ausgewählte Kapitel aus der mathematischen Physik, 2; Grundzüge der Telegraphie und Telephonie, 1; Potentialtheorie mit Anwendung auf die Elektrostatik, 2. — **Harting**: Wissenschaftliche Photographie, 2. — **Peukert**: Elektrotechnik, 4; Elektrotechnische Konstruktionsübungen, 2; Grundzüge der Elektrochemie, 2; Blitzableiter und elektrische Sprengmethoden, 2; Elektrotechnisches Praktikum (mit Cruse), 6; Arbeiten im elektrotechnischen Laboratorium (mit Cruse). — **Mosler**: Die Funkentelegraphie, 2; Elektrische Kraftübertragung, 1. — **Franke**: Dampfmaschinenbau, 4, Übungen (mit Mackensen), 8; Pumpmaschinenbau, Gebläse- und Kompressorenbau, 4, Übungen (mit Mackensen), 8. — **Friedmann**: Theorie und Konstruktion der hydraulischen Motoren (mit Lawaczeck), Übungen, 4; Maschinenelemente, 4, Übungen (mit Lawaczeck), 10; Grundzüge des Maschinenbaues, 2. — **Denecke**: Betriebsmittel für Straßen- und Eisenbahnen, 2; Eisenbahnmaschinenbau, 4, Übungen, 4, Maschinenzeichnen, Übungen, 6. — **Schöttler**: Kinematik, 1; Angewandte Wärmemechanik, 3; Arbeiten im mechanischen Laboratorium II (mit Preuß); Technische Mechanik II, 4, Übungen, 1, Repetition, 1. — **Skutsch**: Technische Mechanik I, 5, Übungen, 2, Repetition, 2. — **Lüdicke**: Allgemeine mechanische Technologie, 2; Werkzeugmaschinen, 2, Übungen, 3; Spinnerei, 2; Weberei, 2; Papierfabrikation, 3; Mühlenwesen, 3; Technologische Übungen, 2. —

**R. Meyer**: Organische Experimentalchemie, 6; Chemische Technologie der Faserstoffe, 1; Arbeiten im Laboratorium für analytische und technische Chemie (mit Biehringer und Hartmann); Chemisches Kolloquium (mit E. Müller), *g*. — **Biehringer**: Analytische Chemie, 2; Chemisch-technische Rechnungen, 1; Heizstoffe, 2. — **E. Müller**: Elektrochemie, 2; Metallurgie, 2; Chemische Technologie I, 4; Arbeiten im Laboratorium für physikalische Chemie und Elektrochemie. — **Reinke**: Chemische Technologie II 2, 4; Untersuchungsmethoden auf dem Gebiete der Zuckertechnik, 2; Betriebsstörungen in der Gärungs-, Stärke- und Zuckertechnik und Molkerei, 2; Arbeiten im Laboratorium für chemische Technologie II und landwirtschaftlich-chemische Gewerbe (mit Laskowsky); Besprechungen aus dem Gebiete der chemischen Technologie II, monatlich 2 *g*. — **Beckurts**: Abwässerreinigung, 1; Wasser- und Harnuntersuchung, 1; Pharmazeutische Chemie, 4; Arbeiten im Laboratorium für pharmazeutische Chemie und Nahrungsmittelchemie (mit Troeger, Frerichs, Echtermeier und Hartwig). — **Troeger**: Analytische Chemie, 2; Repetitorium der anorganischen und organischen Chemie, 2; Gasanalyse, 1. — **Linde**: Pharmakognosie, 2; Pharmakognostisches Praktikum, 3. —

**Fricke**: Analytische Geometrie und Algebra, 2; Differential- und Integralrechnung I, 4, Übungen, 2; Analytische Mechanik, 2; Ausgewählte Kapitel aus der höheren Mathematik, 2. — **R. Müller**: Darstellende Geometrie, 4, Übungen, 6; Geometrie der Bewegung, 3; Ausgewählte Kapitel aus der Theorie der Kurven und Flächen, 2. — **Wernicke**: Statik starrer und elastisch-fester Körper, 4, Übungen, 2. — **Koppe**: Geodäsie II, 2, Übungen, 2; Ausgleichungsrechnung II, 2, Übungen; Grundzüge der sphärischen Astronomie, 2, Übungen, 2; Vermessungsübungen I (mit Bohlan), 4, II, 8; Planzeichnen (mit Bohlan), Übungen, 2; Instrumentenkunde, Übungen, 2. —

## Universität Breslau.

**Lummer**: Experimentalphysik I: Mechanik, Akustik, Wärme, 5, Theoretische Ergänzungen, 1; Physikalisches Kolloquium (mit Pringsheim und Schaefer), 2 *g*; Physikalisches Praktikum für Anfänger (mit Schaefer), 3 oder 6, für Geübtere (mit Pringsheim und Schaefer), tägl. — **Pringsheim**: Theoretische Physik II: Mechanik deformierbarer Körper (Elastizitätslehre, Hydromechanik, Akustik), 4, Übungen, 2 *g*. — **Schaefer**: Elektrische und magnetische Meßmethoden, 2; Vektoranalysis, 2; Beziehungen zwischen Licht, Elektrizität, Magnetismus, 1 *g*. — **Riesenfeld**: Photographisches Praktikum, 2; Die Photographie und ihre Technik, 1 *g*. — **v. d. Borne**: Physik der irdischen Lufthülle (Meteorologie), 2; Naturgeschichte der Heilquellen und Thermen, *g*; Geophysikalische Übungen und Besprechungen, *g*. —

**Ladenburg**: Allgemeine Experimentalchemie, 6; Chemisches Kolloquium, 14tägig, 2 *g*; Praktisch-chemische Übungen: a) für Chemiker, ganz- und halbtägig (mit Abegg), b) für Mediziner, 4, c) für Landwirte, 6. — **Gadamer**: Prüfung der Arzneimittel, 1 *g*; Anorganische Experimentalchemie mit besonderer Berücksichtigung der Pharmazie, 6; Ausgewählte Kapitel aus der Chemie der menschlichen Nahrungs- und Genußmittel, 1; Untersuchung von Trinkwasser und Harn, 1; Praktisch-chemische Übungen mit besonderer Berücksichtigung der Pharmazie, der forensischen Chemie und der Nahrungsmittelchemie, tägl.; Kleines chemisches Praktikum, 6. — **Abegg**: Physikalische Chemie II: Elektrochemie, 2, mathematische Ergänzungsstunden; Physikalisch-chemisches Kolloquium, $1^1/_2$ *g*; Chemie des Quecksilbers, 2 *g*; Physikalisch-chemisches Praktikum (mit Meyer), 3. — **Ahrens**: Technologie der Gärungsindustrien, landwirtschaftliche Technologie II, 2; Technologie des Holz-, Braunkohlen- und Steinkohlenteers nebst Fabrikation von Zwischen- und Endprodukten aus denselben, 4; Ausgewählte Kapitel der technischen Elektrochemie, 1 *g*; Praktische Übungen und Anleitung zu selbständigen Arbeiten auf dem Gebiete der technischen Chemie, tägl. außer Sonnabend. — **Herz**: Physikalische Chemie, 2; Die physikalischen und chemischen Methoden zur Konstitutionsbestimmung organischer Verbindungen, 2; Die physikalisch-chemischen Grundlagen der analytischen Chemie, 2. — **Meyer**: Geschichte der Chemie, 1; Chemische Gleichgewichte vom Standpunkte der Phasenlehre, 1. — **Sackur**: Messung chemischer Affinitäten, 1; Radioaktivität mit Experimenten, 1. —

**Rosanes**: Analytische Geometrie der Ebene, 4; Übungen des mathematisch-physikalischen Seminars, 1 *g*. — **Landsberg**: Differentialrechnung, 4, Übungen, 2 *g*; Einleitung in die Theorie der elliptischen und der Modulfunktionen, 3. — **Sturm**: Darstellende Geometrie und graphische Statik, 2; Differentialgeometrie, 4; Übungen des mathematisch-physikalischen Seminars, 2 *g*. — **Kneser**: Integralrechnung, 4, Übungen, 2 *g*; Variationsrechnung, 3. — **Franz**: Mechanik des Himmels, 4; Astronomisches Praktikum für Anfänger, 2, für Vorgeschrittene, tägl. abends; Dioptrik, 1 *g*. —

## Universität Czernowitz.

**Pribram**: Allgemeine Chemie II, 5; Pharmazeutische Chemie, 5; Chemische Übungen für Anfänger, 15; Anleitung zur Durchführung wissenschaftlicher Arbeiten, 20. —

**Daublebsky von Sterneck**: Analytische Geometrie (Fortsetzung), 3; Algebraische Zahlen, 2; Mathematisches Seminar, 2. —

## Technische Hochschule Danzig.

**Wien**: Experimentalphysik II: Magnetismus, Elektrizität, 4; Sichtbare und unsichtbare Strahlung, 1; Kleines physikalisches Praktikum, 8; Großes physikalisches Praktikum, tägl. — **N. N.**: Einführung in das physikalische Praktikum, 1; Physikalisch-chemisches Praktikum I und II, 4; Physikalische Chemie I und II, 2; Elektromagnetische Schwingungen und drahtlose Telegraphie, 1; Photographie und Lichtpausverfahren mit Übungen, 1; Übungen, 3. — **Roeßler**: Elektrotechnik I, 4; Elektrotechnisches Laboratorium I, 4, II und III, 9; Projektierung elektrischer Anlagen, 2, Übungen, 4; Berechnung und Entwurf elektrischer Maschinen und Leitungsnetze (mit Simons), 2, Übungen, 4. — **Simons**: Elektrotechnische Meßkunde, 2. — **Lorenz**: Einführung in die Mechanik, 4, Übungen, 2; Ausgewählte Kapitel aus der Mechanik, 2. — **Jahn**: Eisenbahnmaschinenbau, 4, Übungen, 4; Eisenbahnwerkstätten, 2; Dampfkessel für Maschinenbauer, 2, Übungen, 3, für Elektrotechniker, 2; Enzyklopädie des Eisenbahnwesens, 2. — **Schulze-Pillot**: Maschinenelemente, 4, Übungen, 4; Kraft- und Arbeitsmaschinen mit Kreiselrädern, 2, Übungen, 4; Kraftanlagen und Energieverteilung, 2. — **Tischbein**: Einführung in den Maschinenbau, 1, Übungen, 6; Beschreibende Maschinenlehre, 2; Mechanische Technologie, 2; Lasthebemaschinen, 3, Übungen, 3; Werkzeugmaschinen und Fabrikbetriebe, 2, Übungen, 4. — **Wagener**: Wärmemechanik, 2; Maschinenlaboratorium I, 4, II, 4; Kolben-Kraftmaschinen, 4, Übungen, 4; Kolben-Arbeitsmaschinen, 2,

Übungen, 2. — **Gramberg**: Mechanische Meßinstrumente und Maschinenuntersuchungen, 2; Heizung und Lüftung, 2. — **Ruff**: Anorganisch-chemische Technologie I, 2, II, 2; Technische Elektrochemie, 1; Chemisches Kolloquium, 2 *g*; Einführung in das chemische Praktikum, 9; Kleines chemisches Praktikum, 8; Praktikum im anorganisch-chemischen Laboratorium, tägl.; Praktikum im elektrochemischen Laboratorium, tägl. — **Wohl**: Organische Experimentalchemie, 5; Untersuchung von Heizstoffen und Gasanalyse, 3; Praktikum im organisch-chemischen Laboratorium, tägl.; Kurse für Gärungsgewerbe, Zucker- und Stärkefabrikation; Praktikum im Laboratorium für landwirtschaftliche Gewerbe, tägl. — **v. Mangoldt**: Höhere Mathematik II, 3, Übungen, 1; Einführung in die höhere Mathematik, 5. — **Schilling**: Darstellende Geometrie, 3, Übungen, 4; Graphische Statik, 2, Übungen, 3. — **Sommer**: Höhere Mathematik I, 5; Ausgewählte Kapitel aus der Lehre von den Differentialgleichungen, 2. — **Eggert**: Niedere Geodäsie, 2; Praktische Übungen im Feldmessen, 4 und 3; Höhere Geodäsie, 2; Geodätisches Praktikum I und II, 2; Geographische Ortsbestimmung, 2. —

## Technische Hochschule Darmstadt.

**Schering**: Experimentalphysik: Magnetismus, Elektrizität, Galvanismus, 5; Physikalisches Praktikum (mit Zeißig), 4 Nachmittage; Selbständige Arbeiten aus dem Gebiete der Physik; Theoretische Elektrizitätslehre, 2. — **Zeißig**: Experimentalphysik: Magnetismus, Elektrizität, Galvanismus, 4, Repetitorium, 1. — **Rudolphi**: Ausgewählte Kapitel der physikalischen Chemie, 1. — **Forch**: Ausgewählte Kapitel aus der Lehre von der Strahlung, 1 *g*. — **Meisel**: Theorie der optischen Instrumente II, 2; Grundzüge der Kartenprojektionslehre, 1; Populäre Astronomie, 2. — **Fritsch**: Photographische Übungen, 2; Kinetische Theorie der Gase, 1 *g*. — **Kittler**: Allgemeine Elektrotechnik I, 2, II, 2, Übungen (mit Petersen), 2; Übungen im elektrotechnischen Laboratorium (mit Wirtz, Sengel), halbtägig, tägl.; Selbständige Arbeiten für vorgeschrittenere Studierende. — **Wirtz**: Elektrotechnische Meßkunde I, 2; Elemente der Elektrotechnik, 3; Grundzüge der Telegraphie und Telephonie, 2; Über elektrische Wellen, 1. — **Sengel**: Konstruktion elektrischer Maschinen und Apparate, 2, Übungen, 3; Projektieren elektrischer Licht- und Kraftanlagen, 2, Übungen, 2; Grundzüge der Elektrotechnik, 2. — **v. Roeßler**: Maschinenzeichnen, 4; Mechanische Technologie I, 2, II, 2; Papierprüfung, 1; Werkzeugmaschinen, Übungen, 3; Arbeiterschutz, 1; Hüttenmaschinen, 2. — **Lincke**: Maschinenelemente, 6, Konstruktionsübungen, 9, Zeichenübungen, 3. — **Berndt**: Allgemeine Maschinenlehre, 3; Eisenbahn-Maschinenbau I, 3, II, 2; Konstruktionsübungen zu Eisenbahn-Maschinenbau und Gasmotoren, 3; Maschinenbau-Praktikum I, 3. — **Gutermuth**: Dampfkessel, 2; Pumpmaschinen, 4; Gebläse und Kompressoren, 2; Konstruktionsübungen, 6; Maschinenbau-Praktikum II, 3. — **Pfarr**: Regulatoren zu Wasserkraftmaschinen, 1; Konstruktionsübungen zu Wasserkraftmaschinen und Fabrikanlagen, 6; Maschinenbau-Praktikum III, 3; Hydraulik, 2, Übungen, 1. — **Köhler**: Konstruktionsübungen zu Hebemaschinen, 6. — **Beck**: Gewichts- und Kostenberechnungen der Maschinenfabrikation, 1. — **Schlink**: Über technisch wichtige Schwingungsaufgaben, 1; Repetitorium der Mechanik, 2; Ausgewählte Kapitel der Statik, 2. —

**Staedel**: Anorganische Experimentalchemie, 6; Chemisches Praktikum (mit Kolb, Keppeler und Dippel), tägl. außer Sonnabend. — **Kolb**: Analytische Chemie I, 2; Methoden der organischen Analyse, 1; Kolloquium über anorganische Chemie, 1; Elemente der Agrikulturchemie, 3. — **Finger**: Ausgewählte Kapitel aus der Chemie der Alkaloide, 2; Teerfarbstoffe, 4; Praktikum im Laboratorium für organische Chemie (mit Schwalbe), tägl. außer Sonnabend; Farbstoff- und Färberei-Praktikum (mit Schwalbe). — **Keppeler**: Thermochemie, 2 *g*. — **Schwalbe**: Organische Experimentalchemie, einschließlich Teerfarbstoffe, 4. — **Heyl**: Pharmazeutische Chemie: Anorganischer Teil, 2, Organischer Teil, Repetitorium, 1; Ausmittelung der Gifte, 1; Pharmakognosie, 1, Übungen, 1; Pharmazeutische Gesetzeskunde, 1. — **Dieffenbach**: Metallurgie, 2; Elektrochemie, 2; Chemische Technologie, 2; Elektrochemisches Kolloquium (mit Neumann), 1 *g*; Chemisches Praktikum für Elektrochemiker (mit Neumann, Moldenhauer und Nover), tägl. außer Sonnabend; Elektrochemisches Praktikum (mit Neumann, Moldenhauer und Nover), tägl. außer Sonnabend; Chemisch-technisches Praktikum (mit Neumann und Moldenhauer), tägl. außer Sonnabend. — **Neumann**: Hüttenmännische Probierkunst, mit Übungen, 2 *g*; Elektroanalyse, 1 *g*. — **Vaubel**: Theoretische Chemie II, 2, Übungen, 3; Stöchiometrische Berechnungen, Übungen, 1; Die maschinellen Hilfsmittel der chemischen Technik, 1½; Photochemie, 1. — **Sonne**: Chemische Technologie der Nahrungs- und Genußmittel, 2. — **Weller**: Untersuchen von Nahrungsmitteln, Genußmitteln und Gebrauchsgegenständen, 1, Übungen 8. —

**Graefe**: Repetitorium der Elementar-Mathematik, 3, Übungen, 2; Höhere Mathematik, 3, Übungen, 2, II, 2, Übungen, 1. — **Fenner**: Geodäsie, 4; Ausgleichungsrechnung nach der Methode der kleinsten Quadrate, 2; Geodätische Übungen, 4 und 8; Ausarbeitung der geodätischen Vermessungen, 2; Planzeichnen, 4 und 2. — **Gundelfinger**: Höhere Mathematik I, 5, Übungen, 3. — **Dingeldey**: Elemente der höheren Algebra, 2; Höhere Mathematik I, 5; Übungen, 3. — **Wiener**: Geometrische Formen und Formen der Kunst, 2; Darstellende Geometrie I, 4, Übungen, 6; Arbeiten im mathematischen Institut, 3. — **Scheffers**: Einleitung in die Funktionentheorie, 3, Übungen, 2; Darstellende Geometrie I, 4, Übungen, 6. — **Gast**: Astronomische Orts- und Zeitbestimmung, 2, Übungen, 2; Übungen im Zahlenrechnen, 2. — **Henneberg**: Technische Mechanik, 3, Übungen (mit Graefe), 2; Mechanik I, 6; Reine Kinematik, 2. —

## Technische Hochschule Dresden.

**Hallwachs**: Experimentalphysik II, 5; Physikalisches Praktikum (mit Toepler) I, 6 oder 3, II, 9, für größere Arbeiten, 20. — **Toepler**: Elektronen- und Ionenstrahlung (Radioaktivität), 2. — **Krone**: Theorie und Praxis der Photographie und Kolloquium über wissenschaftliche Photographie, 2. — **Görges**: Allgemeine Elektrotechnik I, 3, II, 1; Theorie des Wechselstromes, 4; Elektrotechnisches Praktikum, 4; Größere elektrotechnische Spezialarbeiten, 20; Elektrotechnisches Kolloquium (mit Kübler), 2 *g*. — **Kübler**: Dynamomaschinen I, 2; Elektrische Fahrzeuge und Bahnen, 2; Elektrotechnische Konstruktionsübungen, 12, für Maschineningenieure, 4. — **Ulbricht**: Eisenbahnsignalwesen und elektrische Eisenbahneinrichtungen, 3 *g*. — **L. Lewicki**: Dampfmaschinen (Fortsetzung), 4; Wasserkraftmaschinen, 3; Ausgewählte Kapitel aus dem Maschinenbau: Pumpen, 2; Maschinenkonstruieren für Maschinen- und Elektroingenieure, 10; Arbeiten im Maschinenlaboratorium, mit Kolloquium (mit E. Lewicki), 3; Größere Arbeiten im Maschinenlaboratorium (mit E. Lewicki), 20. — **Mollier**: Gasmaschinen, 3; Kältemaschinen, 2; Kinematik II, 2, Übungen, 3; Arbeiten im Maschinenlaboratorium, 4; Größere Arbeiten im Maschinenlaboratorium, 24. — **Müller**: Allgemeine mechanische Technologie I, 3; Papierfabrikation, 3; Praktikum für die Faserstofftechnik, 20. — **Scheit**: Untersuchung von Baumaterialien I, Übungen, 3; Festigkeitslehre für Maschinen- und Elektroingenieure, 4; Größere Arbeiten in der Mechanisch-technischen Versuchsanstalt, 24. — **Fischer**: Allgemeine Maschinenlehre: Kraftmaschinen, 4; Technisches Zeichnen, 4; Skizzieren: Modellaufnahme, 4; Appreturmaschinen, 2. — **Buhle**: Maschinenelemente für Maschinen- und Elektroingenieure, 5, Maschinenkonstruieren, 10; Abriß der Maschinenelemente für Bau- und Fabrikingenieure, 2, Maschinenkonstruieren, 4; Landtransportmittel (ausgewählte Kapitel), 2; Hebe- und Transportmaschinen, 2, Maschinenkonstruieren, für Maschinen- bezw. Elektroingenieure, 10 bezw. 5. — **E. Lewicki**: Grundzüge der technischen Hydraulik, 2; Skizzieren von Maschinenteilen nach dem Gedächtnis, Übung mit Vortrag, 1. —

**Hempel**: Experimentalchemie (anorganische), 6; Anorganisch-chemisches Praktikum (qualitative Analyse), 12; Anorganisch-chemisches Praktikum (quantitative Analyse, technische Titriermethoden, Gasanalyse) ganztägig, tägl. außer Sonnabend. — **v. Meyer**: Organisch-technische Chemie, Chemische Technologie der Fette und Öle: Fabrikation von Seife, Stearin, Glyzerin, Explosivstoffe, Gerberei, 3; Synthetische Methoden der organischen Chemie, 1; Organisch-chemisches Praktikum, ganz und halbtägig, tägl. außer Sonnabend. — **Möhlau**: Chemie des Steinkohlenteers: Die Rohmaterialien

und Zwischenprodukte für die Industrie der organischen Farbstoffe, 3; Chemie und chemische Technologie der organischen Farbstoffe I, 2; Praktikum für Farbenchemie, 12, für Färbereitechnik, halbtägig, für größere Arbeiten auf dem Gebiete der Farbenchemie bezw. Färbereitechnik, ganztägig, tägl. außer Sonnabend. — **Dietz**: Chemische Technologie des Glases, 1. — **F. Foerster**: Physikalische Chemie I (zugleich Einführung in die Elektrochemie), 3; Praktikum für Elektrochemie, 12, für größere Arbeiten auf dem Gebiete der Elektrochemie und physikalischen Chemie, ganztägig, tägl. außer Sonnabend. — **Renk**: Genußmittel und Gebrauchsgegenstände, 1; Gewerbehygiene, 2; Übungen im Untersuchen von Nahrungs- und Genußmitteln, ganztägig, tägl. außer Sonnabend; Praktikum für Nahrungsmittelchemiker, halbtägig, tägl. außer Sonnabend. — **v. Walther**: Arbeitsmethoden der organisch-chemischen Laboratoriumstechnik, 1; Wichtige Theorien der organischen Chemie, 1. — **Bucherer**: Praktische Übungen auf dem Gebiete des Patentwesens, 1 *g*; Chemisch-technische Tagesfragen, erörtert an der Hand der neueren (insbesondere) Patent-Literatur, 1. — **Lottermoser**: Chemie der Kolloide, 1; Ausgewählte Kapitel aus der technischen Analyse mit besonderer Berücksichtigung der organischen Chemie, 1. —

**Disteli**: Darstellende Geometrie I, 3, Übungen, 4; Perspektive, mit Übungen, 2; Homogene Koordinaten, 2. — **Helm**: Höhere Mathematik I, 5, Übungen, 2; Potentialtheorie, 3; Doppelbrechung des Lichtes, 1; Versicherungstechnisches Seminar, 1 *g*, Übungen, 2. — **Krause**: Integralrechnung, 5, Übungen, 2; Einleitung in die Theorie der analytischen Funktionen, 4; Mathematisches Seminar, 1 *g*. — **Heger**: Analytische Sphärik, 1 *g*. — **Naetsch**: Einleitung in die Theorie der ganzen Zahlen, 3; Sphärische Trigonometrie, 2. — **Grübler**: Technische Mechanik II, 6, Übungen, 2; Graphostatische Übungen, 2. — **Pattenhausen**: Methode der kleinsten Quadrate, 2, Übungen, 1; Höhere Geodäsie, 2, Übungen, 1; Sphärische Astronomie, 2, Übungen, 1; Vorübungen zum Planzeichnen für Vermessungsingenieure (Schriftzeichnen), 2; Planzeichnen II, 2 und 4; Skizzieren geodätischer Instrumente, Übungen, 2; Triangulierungsübungen, 4; Katastervermessungsübungen, 2; Geodätisches Praktikum I, 4, II, 4; Größere Terrainaufnahmen, 2 Wochen.

## Universität Erlangen.

**Wiedemann**: Experimentalphysik: Wärme, Akustik, Optik, 5; Physikalisches Praktikum für Anfänger, 2; Physikalisches Halbpraktikum, 20; Physikalisches Vollpraktikum, 44; Physikalisches Kolloquium, 2 *g*; Übungen in Experimentalvorträgen (mit Wehnelt), 1 *g*. — **Wehnelt**: Theoretische Physik II: Mechanik, Akustik, Wärme, 3, Übungen, 1. — **Reiger**: Elektrische Meßmethoden, 2. —

**Fischer**: Organische Experimentalchemie, 5; Praktische Übungen im chemischen Laboratorium (mit Busch) a) Halbpraktikum, 20, b) Vollpraktikum, 40; Praktikum für Mediziner, 4. — **Paal**: Pharmazeutische Chemie: Anorganischer Teil, 3; Ausmittelung von Giften, 1; Ausgewählte Kapitel der physiologisch-chemischen Analyse, 1; Chemisches Praktikum: a) ganztägig, 44, b) halbtägig, 24 bez. 20; Pharmazeutisch-chemisches Halbpraktikum I, 16, II, 20; Physiologisch-chemisches Praktikum: Harnanalyse etc., 4; Arbeiten auf dem Gebiete der Nahrungs- und Genußmittel, a) ganztägig, 44, b) halbtägig, 24 bez. 20. — **Busch**: Qualitative und quantitative chemische Analyse II: Metalloide, 2; Chemische Technologie: Organischer Teil, mit Exkursionen, 2. — **Henrich**: Repetitorium der organischen Chemie, 2; Arbeits- und Forschungsmethoden der organischen Chemie, 1; Anleitung zur Ausführung selbständiger wissenschaftlicher Untersuchungen, *g*; Anleitung zur Darstellung organischer Präparate auf elektrochemischem Wege. — **Jordis**: Ausgewählte Kapitel der anorganischen Chemie, 1; Ausgewählte Kapitel der physikalischen Chemie (Fortsetzung), 1; Elektrochemisches Praktikum: a) für Anfänger, 3, b) für Fortgeschrittene, 5, c) Halbpraktikum, 20, d) Ganzpraktikum, 40; Chemisches Seminar, 2. — **Gutbier**: Chemisches Seminar, 2. —

**Gordan**: Integralrechnung, 4; Differentialgleichungen, 4; Übungen im mathematisch-physikalischen Seminar, 3 *g*. — **Noether**: Analytische Geometrie des Raumes, 4; Differentialgeometrie, 3; Abelsche Funktionen (Fortsetzung); Synthetische und darstellende Geometrie (mit Petri), 4 *g*. —

## Universität Freiburg i. Br.

**Himstedt**: Experimentalphysik: Magnetismus, Elektrizität, Optik, Elektrooptik, 5; Physikalisches Praktikum (mit Königsberger), 2 und 1 Nachmittag; Anleitung zu selbständigen Arbeiten. — **Königsberger**: Theorie der Elektrizität und des Magnetismus mit Übungen, 3; Übungen aus der theoretischen Physik, 1; Anleitung zu selbständigen Arbeiten, tägl. — **G. Meyer**: Physikalische Chemie, 2; Über Radioaktivität, 1; Physikalisch-chemisches Übungspraktikum, 1 Vormittag; Selbständige physikalisch-chemische Arbeiten, tägl. — **Reinganum**: Elektrische Schwingungen mit Demonstrationen, 2; Neuere Atomistik, 1. —

**Gattermann**: Organische Experimentalchemie, 5; Chemische Formeln und chemisches Rechnen (für Anfänger), 1 *g*; Chemisches Praktikum (mit Willgerodt), tägl. außer Sonnabend; Übungen im Experimentieren und Vortragen, 2 *g*. — **Willgerodt**: Anorganische Experimentalchemie, 5; Organische Technologie mit Exkursionen, 2. — **Edinger**: Ausgewählte Kapitel der organischen Chemie, 2. — **Fromm**: Chemie der Teerfarbstoffe, 2; Repetitorium der organischen Chemie für Mediziner, 2. Repetition, 1. — **Meigen**: Maßanalyse, 1; Praktische Übungen in der Gasanalyse, 2. — **Riesenfeld**: Qualitative Analyse, 2; Einführung in die modernen Theorien der anorganischen Chemie: Ionen und Komplexsalztheorie, 1 *g*; Praktische Übungen in der angewandten Elektrochemie I, 2. — **Trautz**: Theoretische Ergänzungen zur anorganischen Chemie, 2; Maschinenkunde für Chemiker, 2; Theoretisch-chemisches Kolloquium, 2. —

**Lüroth**: Integralrechnung, 5, Übungen, 1½ *g*; Trigonometrie, 2. — **Stickelberger**: Analytische Mechanik, 5, Übungen; Fouriersche Reihen und Integrale, 2. — **Loewy**: Theorie und Anwendung der Determinanten, 4; Über die Grundlagen der Geometrie, 2; Übungen zur Versicherungsmathematik. — **Weingarten**: Ausgewählte Kapitel aus der Theorie elastischer Körper, 2 *g*. — **Seith**: Darstellende Geometrie, 2, Übungen, 1 *g*. —

## Universität Gießen.

**König**: Experimentalphysik I: Mechanik, Akustik, Wärme, 4½; Physikalisches Praktikum für Mathematiker und Naturwissenschaftler, 6, für Chemiker, Mediziner und Pharmazeuten, 3; Leitung selbständiger physikalischer Arbeiten, tägl.; Physikalisches Kolloquium, 2. — **Fromme**: Theorie der Elektrizität und des Magnetismus mit einer Einleitung in die Theorie des Potentials, 5; Niedere Geodäsie, 3, Übungen, 1 Nachmittag. — **W. Schmidt**: Absolutes Maßsystem, 1. —

**Naumann**: Organische Experimentalchemie, 5¼; Praktische Übungen und Untersuchungen im chemischen Laboratorium, tägl.; Untersuchung von Nahrungsmitteln und technischen Erzeugnissen (mit Schroeder), tägl.; Chemische Übungen für Mediziner, tägl. — **Schroeder**: Analytische Chemie I: Qualitative Analyse, 2; Theorie der elektrolytischen Dissoziation, 2; Untersuchung von Nahrungsmitteln und Gebrauchsgegenständen II (mit Berücksichtigung der mikroskopischen Methoden), 2. — **Moeser**: Pharmazeutisch-chemische Präparate I, 2. — **Elbs**: Chemisches Praktikum, tägl.; Elektrochemisches Praktikum, tägl.; Chemisches Praktikum für Landwirte, tägl. außer Sonnabend; Chemische Übungen für Mediziner (mit Brand), 5; Chemisches Kolloquium, 1½; Synthetische Darstellungsmethoden der Kohlenstoffverbindungen, 2. — **Brand**: Ausgewählte Kapitel der chemischen Technologie mit Exkursionen, 1; Allgemeine Elektrochemie, 2; Moderne Theorien der organischen Chemie, 1. — **Thomae**: Neuere Literatur auf dem Gebiete der Pharmazie, 1, der Nahrungsmittelchemie, 1. —

**Pasch**: Algebra, 4; Invariantentheorie, 3; Übungen des mathematischen Seminars, 14tägig, 1½. — **Netto**: Analytische Geometrie der Ebene, 4; Bestimmte Integrale, 3; Übungen des mathematischen Seminars, 14tägig, 1½. — **Graßmann**: Analytische Mechanik I, mit Übungen, 4; Festigkeitslehre, mit Übungen, 3. —

## Universität Göttingen.

**Riecke**: Experimentalphysik I, 3; Physikalische Übungen, 8; Wissenschaftliche Arbeiten Vorgeschrittener, 40; Ausge-

wählte Probleme der Optik, 1 *g*. — **Voigt**: Physikalisches Praktikum, 4; Arbeiten für Vorgeschrittene, 40; Thermodynamik, 4; Optik bewegter Medien, 2 *g*. — **Simon**: Elektromagnetische Meßmethoden, 2; Elektrotechnisches Praktikum, 3; Beleuchtungsprobleme, 1 *g*; Selbständige Arbeiten, 48 *g*. — **Abraham**: Potentialtheorie, 4. — **Wiechert**: Erdmagnetismus, 2; Feldmessung, 4; Polarlicht, 1 *g*; Vermessungswesen, 1 *g*; Geophysikalisches Praktikum. — **Prandtl**: Einführung in die Mechanik mit Übungen, 6; Maschinentechnik II: Technologie, 2; Anleitung zu selbständigen Arbeiten, 48 *g*; Mathematisch-physikalisches Seminar, Graphische Statik, 2 *g*. — **Dolezalek**: Elektrochemie, 3; Physiko-chemische Arbeiten und Übungen, 44; Elektrotechnische Thermodynamik, 1 *g*; Phy-iko-chemisches und anorganisches Kolloquium, 1 *g*. — **Coehn**: Die wissenschaftlichen Grundlagen der Photographie, 2; Chemische Technologie vom Standpunkt der physikalischen Chemie, 1; Elektroanalytische und elektropräparative Übungen, 3. — **Stark**: Elektronik (experimentell und theoretisch), 2. —

**Wallach**: Organische Experimentalchemie, 5; Chemisches Praktikum, 20—40; Besprechung wissenschaftlicher Arbeiten, 1 *g*. — **Tammann**: Praktikum der anorganischen Chemie, 20; Metallographie, 1; Theorie der Lösungen, 1 *g*; Kolloquium (mit Dolezalek), 1 *g*. — **Tollens**: Agrikulturchemie, 3; Agrikultur-chemisches Praktikum (mit Pinoff), 30. — **Polstorff**: Pharmazeutische Chemie, 4; Gerichtlich-chemische Analyse, 2. — **Fischer**: Chemische Technologie, 1; Industrie Deutschlands, 1 *g*. — **Kötz**: Einführung in die Chemie, 3; Spezielle anorganische Chemie, 2; Repetitorium der anorganischen Chemie, 1; Chemische Übungen für Lehramtskandidaten, 1 *g*. — **v. Braun**: Stereochemie, 1; Chemische Tagesfragen, 1 *g*. — **Borsche**: Chemische Technologie der organischen Farbstoffe, 3; Färbereichemische Übungen, 3. — **Ruer**: Über die Tätigkeit der Chemiker in den anorganisch-chemischen Betrieben, 1. —.

**Klein**: Funktionstheorie, 4; Mathematisches Seminar (mit Hilbert und Minkowski), 2 *g*. — **Hilbert**: Differential- und Integralrechnungen I (mit Carathéodory), 4; Mechanik der Kontinua, 4. — **Schwarzschild**: Allgemeine Astronomie, 3; Populäre Astronomie, 1 *g*; Astronomisches Kolloquium, 1 *g*. — **Minkowski**: Algebra, 4; Kugel- und verwandte Funktionen, 2. — **C. Runge**: Differentialgleichungen, 6; Mathematisches Seminar, graphische Statik, 2 *g*. — **Brendel**: Wahrscheinlichkeitsrechnung, 4; Versicherungsrechnung, 2; Übungen im Seminar für Versicherungswissenschaft, 2 *g*. — **Ambronn**: Sphärische Astronomie, 3; Astronomische Übungen für Anfänger, 4—5, für Fortgeschrittene, tägl. — **Zermelo**: Partielle Differentialgleichungen der Physik, 4. — **Herglotz**: Analytische Geometrie, 4. — **Carathéodory**: Variationsrechnung, 4. —

## Universität Graz.

**Pfaundler**: Experimentalphysik II, 5; Physikalische Übungen I, 6 *g*; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten für Vorgeschrittene, tägl. außer Sonnabend, *g*. — **Benndorf**: Physikalische Übungen II, 8 *g*; Theoretische Meteorologie, 3; Übungen im physikalischen Rechnen, 2 *g*. — **Streintz**: Elektrochemie, theoretischer Teil, 3. — **Waßmuth**: Geometrische Optik, 4; Wärmeleitung, 1; Seminar für mathematische Physik, 3 *g*. —

**Skraup**: Organische Experimentalchemie, 5; Chemische Übungen für Anfänger, tägl. außer Sonnabend, für Vorgeschrittene, tägl.; Chemisches Praktikum für Mediziner, 4. — **Schrötter**: Chemie der carbozyklischen (aromatischen) Verbindungen, 3. — **Hemmelmayr v. Augustenfeld**: Technisch wichtige Kapitel der anorganischen Chemie I, 1. — **Kremann**: Physiko-chemische Arbeits- und Meßmethoden, 2; Maßanalyse mit praktischen Übungen im stöchiometrischen Rechnen (Titrierkunde), 2. — **Hofmann**: Chemie für Mediziner II: Organische Chemie, 5; Ausgewählte Kapitel aus Chemie mit Experimenten, 1. —

**Frischauf**: Integralrechnung mit Anwendungen auf Geometrie, 5; Kugelfunktionen, 2 *g*. — **Dantscher v. Kollesberg**: Integralrechnung (Fortsetzung), 5; Mathematisches Seminar, 2 *g* — **Streißler**: Darstellende Geometrie II, 3. — **Hillebrand**: Elemente der theoretischen Astronomie (Fortsetzung), 3; Astronomische Chronologie, 2. —

## Technische Hochschule Graz.

**v. Ettingshausen**: Physik, 5; Elektrotechnik, 3; Ausgewählte Kapitel der Elektrotechnik, 1; Elektrotechnische Übungen, 8. — **Streintz**: Wärmelehre II: Thermochemie, 2; Der Bleiakkumulator und das Akkumulatorproblem, $1\frac{1}{2}$. — **Bartl**: Theoretische Maschinenlehre I, 2, II, $1\frac{1}{2}$; Allgemeine Maschinenkunde II, $2\frac{1}{2}$ und $1\frac{1}{2}$; Maschinenbau II, 3. — **Bendl**: Maschinenbau I, 4, Übungen, 8, IIa, 3, Übungen, $9\frac{1}{2}$, IIb, mit Übungen, 15. — **Iberer**: Maschinenzeichnen, 4. —

**Emich**: Organische Chemie I, 5; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten im chemischen Laboratorium. — **Andreasch**: Qualitative chemische Analyse, 1; Laboratoriums-Unterricht und Übungen in der qualitativen chemischen Analyse, 16; Agrikulturchemie, 2; Chemische Technologie der Fette, 2; Laboratoriums-Unterricht und Übungen in der organisch-technisch-chemischen Analyse, 20; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten aus dem Gebiete der organischen Chemie und der chemischen Technologie organischer Stoffe, 20. — **Benj. Reinitzer**: Quantitative chemische Analyse, 1, Seminar, 2; Laboratoriums-Unterricht und Übungen in der chemischen Maßanalyse, 20; Chemische Technologie: Glas- und Tonwaren-Erzeugung, 4; Elektrochemie I, 2; Laboratoriums-Unterricht und Übungen in der Darstellung anorganisch-chemischer Präparate, 20; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten aus dem Gebiete der anorganischen Chemie und der chemischen Technologie anorganischer Stoffe, 20. — **v. Hemmelmayr**: Organische Synthese II, 1. — **Krauß**: Mechanische Technologie I, 2, II, 2, III, 2; Mechanische Schutzmittel gegen Unfälle, 2. — **Hočevar**: Mathematik, 6, Übungen, 2. — **Stelzel**: Elemente der höheren Mathematik II, 4. — **Peithner v. Lichtenfels**: Mathematik II, 4. — **Schüßler**: Darstellende Geometrie, 4, Übungen, 6, Seminarübungen, 2. — **Wittenbauer**: Allgemeine Mechanik II, 4, Übungen, 1; Technische Mechanik II, 3. — **Klingatsch**: Niedere Geodäsie II, 4; Sphärische Astronomie, 2; Praktische Meßübungen. —

## Universität Greifswald.

**Mie**: Elastizitätslehre und Hydrodynamik, 4, Übungen, 2 *g*; Physikalische Übungen, 6; Leitung selbständiger physikalischer Untersuchungen, tägl.; Besprechung neuerer physikalischer Arbeiten (mit Starke), 2 *g*. — **Starke**: Experimentalphysik I, 4, Mathematische Ergänzungen und Übungen, 1 *g*; Physikalisches Praktikum, 2. — **Holtz**: Galvanische, Thermo- und Induktionselektrizität, 2; Meteorologie mit Einschluß der optischen Erscheinungen, mit Experimenten, 1 *g*; Physik der Erde: Physische Geographie, mit Experimenten, 1 *g*. — **Schreber**: Übungen im Demonstrieren physikalischer Apparate, 1; Das Wichtigste von der Eisenbahn, 1. — **Berg**: Theoretisch-physikalische Übungen im Anschluß an Helmholtz' Erhaltung der Kraft, 2; Geschichte der Physik im Zeitalter Newtons, 1 *g*. —

**Auwers**: Anorganische Experimentalchemie, 6; Chemisches Praktikum, tägl., für Pharmazeuten und Nahrungsmittelchemiker (mit Scholtz), tägl., für Mediziner (mit Strecker), $3^1{}_2$, Erläuterungen für Mediziner, $\frac{3}{4}$ *g*. — **Scholtz**: Pharmazeutische Chemie, organischer Teil, 3; Chemie der Nahrungs- und Genußmittel, 2; Chemisches Kolloquium, 2 *g*. — **Strecker**: Gewichtsanalyse, 2; Titrieranalyse, 1; Spezielle anorganische Chemie II: Die Metalle, 2. — **Posner**: Chemische Technologie I: Technologie der anorganischen Stoffe, 2; Die künstliche Darstellung wichtiger Naturprodukte, 2. — **Anselmino**: Die quantitativen Prüfungsmethoden des Arzneibuchs, 1; Repetitorium der Chemie für Pharmazeuten, 2. —

**Thomé**: Theorie der analytischen, besonders der elliptischen Funktionen I, 4; Differentialgeometrie, 2 *g*; Mathematisches Seminar, 2 *g*. — **Engel**: Analytische Mechanik II, 4, Übungen, 2 *g*; Analytische Geometrie der Ebene und des Raumes, 4, Übungen, 1 *g*; Differentialvarianten, 2 *g*. — **Vahlen**: Integralrechnung, 4, Übungen, 1 *g*; Determinanten, 1 *g*. —

## Universität Halle.

**Dorn**: Experimentalphysik II: Elektrizität, Magnetismus, Licht, 4; Physikalisches Übungspraktikum, 6, Arbeiten von

Geübten, ganztägig; Elektromagnetische Theorie des Lichtes, 2 *g*. — **Schmidt**: Einleitung in die theoretische Physik, 3, Übungen, *g*. — **Berndt**: Einführung in die Theorie der Elektrizität und des Magnetismus, 2. —

**Volhard**: Analytische Chemie, 2; Praktische Übungen im chemischen Laboratorium (mit Doebner und Vorländer), tägl. außer Sonnabend, für Mediziner, 4; Ausgewählte Kapitel der Chemie, 1 *g*. — **Doebner**: Anorganische Chemie, mit Rücksicht auf Pharmazie und Medizin, 4; Über neuere Arzneimittel, 1 *g*. — **Vorländer**: Experimentalchemie II: Organische Chemie, 5. — **Baumert**: Die gerichtlich-chemische Analyse, 1 *g*; Praktische Übungen im Laboratorium für Nahrungsmittelchemie, tägl. außer Sonnabend; Die wichtigsten Lebensmittel und deren Verfälschungen, 1 *g*. — **Erdmann**: Technische Chemie I, unter besonderer Berücksichtigung der Provinz Sachsen und des Herzogtums Anhalt, mit Exkursionen, 2; Elektrochemisches Praktikum; Praktische Übungen im Laboratorium für angewandte Chemie, tägl. außer Sonnabend. —

**Cantor**: Zahlentheorie, 4; Übungen des mathematischen Seminars, 14tägig, 2 *g*. — **Wangerin**: Anwendung der Differential- und Integralrechnung auf Raumkurven und Flächen: Differentialgeometrie, 5; Bestimmte Integrale und Differentialgleichungen, 4; Ausgewählte Kapitel der Potentialtheorie, 1 *g*; Uebungen des mathematischen Seminars, 14tägig, 2 *g*. — **Gutzmer**: Differentialrechnung mit Übungen, 5; Funktionentheorie, 4; Ausgewählte Kapitel der analytischen Mechanik, 1; Übungen des mathematischen Seminars, 14tägig, 2 *g*. — **Eberhard**: Algebra I, 4; Analytische Geometrie der Kegelschnitte, 2; Analytisch-geometrische Übungen, 1 *g*. — **Buchholz**: Ausgewählte Kapitel der theoretischen Astronomie und Physik: Theorie der Refraktion, Aberration, Präzession, 2; Praktische Übungen in geographischer Ortsbestimmung, 3 *g*. — **Bernstein**: Versicherungsmathematik, 2; Geschichtliche Übersicht über die Hauptgebiete der reinen Mathematik, 2. —

## Technische Hochschule Hannover.

**N. N.**: Experimentalphysik: Elektrizität und Magnetismus, 4; Mechanische Wärmetheorie, 2; Arbeiten im Laboratorium der Physik (mit Precht). 4. — **Precht**: Photographie, mit Übungen, 2; Grundzüge der Spektralanalyse, 2. — **Kohlrausch**: Grundzüge der Elektrotechnik, 2; Theoretische Elektrotechnik, 4; Elektrotechnisches Laboratorium I (mit Beckmann, Meyer, Röver und Riddervold), 8, II, nach Übereinkunft, III, für Maschineningenieure, 8. — **Heim**: Elektrische Anlagen II (mit Reichelt), 3, Übungen, 2; Entwerfen von Dynamomaschinen und Transformatoren, 2, Übungen, 2; Elektrische Bahnen, 2; Elektrische Kraftübertragung, 2; Grundzüge der technischen Elektrolyse, 2; Elektrolytische Übungen (mit Reichelt), 4. — **Beckmann**: Praktische Elektrotechnik für Anfänger I, 1; Elektrotechnische Meßkunde I, erster Teil, 2, II, 1. — **Franke**: Technische Physik, 4; Technisch-physikalisches Seminar, 2. — **Fischer**: Allgemeine mechanische Technologie (mit Anthes), 4; Spezielle Technologie I einschließlich Werkzeugmaschinenkunde (mit Anthes), 3, Übungen, 4. — **Riehn**: Bau und Theorie der Kraftmaschinen (mit Engelbrecht, Cramer, Siekmann und Kirchhoff), 6, Übungen, 8; Übungen im Entwerfen von Kraft- und Hebemaschinen (mit Engelbrecht, Cramer und Siekmann), 4; Schiffbau 3, Übungen, 4. — **Frank**: Maschinenorgane (mit Ryssel, Wegener und Ahlf), 4, Übungen, 7; Eisenbahnmaschinenbau (mit Ryssel und Ahlf), 3, Übungen, 3. — **Frese**: Ingenieurlaboratorium I (mit Aschof, le Noir, Lüth und Kropp), 1, Übungen, 8, II, Übungen, 8; Theoretische Maschinenlehre (mit le Noir), 4. — **Troske**: Grundzüge des Maschinenbaues (mit Müller und Regula), 3, Übungen, 4; Grundzüge des Eisenbahnmaschinenbaues (mit Müller), 2; Übungen im Entwerfen von Fabrikanlagen und Eisenbahn-Werkstätten (mit Müller), 3. — **Klein**: Allgemeine Maschinenlehre II (mit Griffel), 3; Hebezeuge und Pumpen (mit Griffel und Regula), Übungen, 4; Wasserhaltungs-, Förder- und Gebläsemaschinen, 3. — **Weber**: Mechanik I, 4, Übungen, 1; Ausgewählte Kapitel der technischen Mechanik, 3. — **Nachtweh**: Maschinenzeichnen (mit le Noir, Regula und Ahlf), 4; Technologie der Kunstgewerbe, 2; Spezielle Technologie II, 2; Fabrikationszweige der Faserstoff-Industrie, 3; Technologisches Praktikum, 3; Landwirtschaftliche Maschinenlehre, 4. —

**Seubert**: Grundzüge der Chemie, 6; Arbeiten im Laboratorium der anorganischen Chemie (mit Eschweiler, Becker und Hochhut), tägl. außer Sonnabend. — **Eschweiler**: Maßanalyse, 2. — **Behrend**: Physikalische Chemie, 4; Arbeiten im Laboratorium der organischen Chemie (mit Kießling), tägl. außer Sonnabend. — (**Keiser**: Chemische Tagesfragen, 2.) — **Jänecke**: Ausgewählte Kapitel der physikalischen Chemie, 1. — **Ost**: Chemische Technologie II, 3; Untersuchungsmethoden, 1; Mineralöle und Fette, 2; Übungen in der Elektroanalyse (mit Voigt), 6; Arbeiten im Laboratorium der technischen Chemie (mit Voigt), tägl. außer Sonnabend. — **Laves**: Grundzüge der physiologischen und hygienischen Chemie, mit Demonstrationen, 2. —

**Kiepert**: Differential- und Integralrechnung II, 6, Übungen, 2, Repetition, 1; Analytische Geometrie der Ebene und des Raumes, 5, Übungen, 1. — **Stäckel**: Differential- und Integralrechnung I, 3, Übungen, 1, III, 5, Übungen, 1; Anwendungen der höheren Mathematik, 4. — **Rodenberg**: Darstellende Geometrie I (mit Peters, Jöhrens und Strothoff), 3, Übungen, 6. — **Reinhertz**: Grundzüge der praktischen Geometrie (mit Petzold), 2, Übungen, 3; Praktische Geometrie, Planzeichnen (mit Petzold), 4; Geodäsie I (mit Petzold), 2, Übungen, 6; Grundzüge der astronomischen Ortsbestimmung (mit Petzold), mit Übungen, 2. — **Petzold**: Geodätisches Rechnen, Übungen, 1. —

## Universität Heidelberg.

**Quincke**: Experimentalphysik: Optik, Magnetismus, Elektrizität, 5; Physikalisches Praktikum, 4; Praktische Übungen und Anleitung zu wissenschaftlichen Untersuchungen im physikalischen Laboratorium, tägl. außer Sonnabend; Übungen des physikalischen Seminars, 1 *g*. — **Pockels**: Einleitung in die theoretische Physik, 3, Übungen, 1 *g*; Geophysik, 1. — **Weber**: Kritik der physikalischen Grundbegriffe, 1; Wissenschaftlich-photographische Übungen, 2, für Fortgeschrittene, 2. — **Kalähne**: Einige Differentialgleichungen der mathematischen Physik, 2; Die physikalischen Grundlagen der Elektrotechnik, 1. —

**Curtius**: Allgemeine Chemie II: Organische Experimentalchemie, 5; Praktische Übungen und Anleitung zu selbständigen wissenschaftlichen Untersuchungen, tägl. außer Sonnabend; Chemisches Anfänger-Praktikum für Mediziner, 3; Chemisches Praktikum für Mediziner, halbtägig, tägl. außer Sonnabend; Einführung der Mediziner in das praktische Studium der Chemie, 1. — **Brühl**: Anorganische Chemie, 6; Praktische Übungen im chemischen Laboratorium, tägl. außer Sonnabend. — **Jannasch**: Titrier-Analyse, 2; Ausmittelung der Gifte, 1; Gasanalytisches Praktikum (mit Franzen), 3; Chemisches Praktikum zur Untersuchung der Nahrungs- und Genußmittel, 8. — **Knoevenagel**: Chemische Technologie: Organische Prozesse, mit Ausflügen, 2. — **Bredig**: Lehre von der chemischen Reaktionsgeschwindigkeit und den Kontaktwirkungen, 2; Chemische Thermodynamik und ihre technische Bedeutung, 1; Theoretische Übungen in physikalischer Chemie, 14tägig, 1½ *g*. — **Krafft**: Anorganische Chemie, 4; Praktisch-chemische Arbeiten und Übungen im Laboratorium, tägl. außer Sonnabend; Chemisches Praktikum für Anfänger. — **Dittrich**: Chemie der selteneren Elemente, 1; Chemisches Praktikum und Anleitung zu wissenschaftlichen anorganisch-analytischen Untersuchungen, tägl. außer Sonnabend; Chemisches Praktikum, tägl. außer Sonnabend; Ferienkurs: Chemisches Praktikum, tägl. außer Sonnabend, in den Osterferien, 4 Wochen, in den Herbstferien, 6 Wochen. — **Stollé**: Qualitative Analyse, 2; Pharmazeutische Chemie I: Anorganischer Teil, 2; Analytische Methoden der organischen Chemie, 1. — **Klages**: Chemie der hydroaromatischen Verbindungen, einschließlich der Kampfer und Terpene, 1; Kolloquium über anorganische Chemie. 2. — **Mohr**: Pyridinderivate und Alkaloide, 1. — **Darapsky**: Kohlenhydrate, 1. — **Franzen**: Gasanalyse, 1; Gärungschemie I: Einleitung in die Bakteriologie, 1. — **Ebler**: Mikrochemische Reaktionen, 1; Radioaktivität und radioaktive Substanzen, 1. —

**Koenigsberger**: Differential- und Integralrechnung, 4; Theorie der Linien und Flächen (mit Anwendung der Differential- und Integralrechnung), 4; Mathematisches Unter- und Oberseminar, 2. — **Cantor**: Analytische Geometrie der Ebene, 4; Arithmetik und Algebra, 3. — **Koehler**: Darstel-

lende Geometrie, mit Übungen, 4. — **Boehm**: Elementarmathematik I: Arithmetik, Algebra, Analysis, 3—4, Übungen, 1—2. — **Valentiner**: Sphärische Astronomie, 3; Elemente der Astronomie in geschichtlicher Entwicklung, 1. — **Wolf**: Meteorologie, 2 *g*. —

## Universität Jena.

**Winkelmann**: Experimentalphysik I: Allgemeine Physik, Optik, 5; Physikalisches Praktikum: a) für Physiker, 2, b) für Chemiker, 1, c) für Mediziner, 2; Leitung physikalischer Spezialuntersuchungen (mit Straubel), tägl. — **Auerbach**: Theorie der Elektrizität und des Magnetismus, 4; Das absolute Maßsystem, 2. — **Rau**: Mechanik I, mit besonderer Berücksichtigung der Graphostatik, 3; Übungen in Graphostatik, 3 *g*. — **Reich**: Einführung in die Elektrotechnik, 2; Elektrotechnisches Praktikum, 2; Anleitung zu selbständigen Arbeiten, tägl.; Elektrotechnik, 1. —

**Knorr**: Allgemeine Experimentalchemie I: Anorganische Chemie, 5; Analytisch-chemisches Praktikum (mit Wolff): a) Vollpraktikum, tägl., b) Halbpraktikum, tägl., c) Medizinervollpraktikum, 6, d) Medizinerhalbpraktikum, 3; Praktikum in der organischen Chemie und Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten (mit Rabe), tägl. — **Wolff**: Maßanalyse, 2; Elektrolyse und elektrolytisches Praktikum, 2. — **Immendorff**: Grundzüge der anorganischen und organischen Chemie: Experimentalchemie, 5; Technische Chemie für Landwirte, mit Exkursionen, 1; Chemisches Praktikum für Landwirte, a) großes, 5, b) kleines, 2; Agrikulturchemisches Seminar für Fortgeschrittene, 14tägig, *g*. — **Vongerichten**: Chemische Technologie: Anorganische Großindustrie, 2; Chemisch-technisches Praktikum, ganz- und halbtägig. — **Matthes**: Pharmazeutisch-chemisches Praktikum, Darstellung und Untersuchung pharmazeutisch-chemischer Präparate, Ausmittelung der Gifte, 5; Pharmazeutische Chemie II: Organische Chemie, 3; Untersuchung der Nahrungs- und Genußmittel: a) Vollpraktikum, 6, b) Halbpraktikum, 3; Praktische Übungen in der Sterilisierung der Arznei- und Verbandsmittel, 3. — **Rabe**: Gasanalyse; Besprechung neuerer chemischer Arbeiten, *g*. — **Gänge**: Arzneimittellehre, 2; Praktische Übungen durch Spektralanalyse, Mikroskopie und Polarisation des Lichtes zum Zweck chemischer Untersuchungen. —

**Thomae**: Elliptische Funktionen, 4; Mathematische Geographie, 4. — **Haußner**: Differential- und Integralrechnung mit Übungen I, 5; Analytische Geometrie der Ebene, 4; Teilung und Quadratur des Kreises, 2; Mathematisches Seminar, 1 *g*. — **Frege**: Analytische Mechanik II, 4. — **Knopf**: Zeit- und Ortsbestimmung mit praktischen Übungen auf der Sternwarte, 2; Bestimmung der Bahnen der Himmelskörper, 4; Interpolationsrechnung, 2. —

## Universität Innsbruck.

**Czermak**: Experimentalphysik: Galvanismus, Akustik, Optik, 5; Praktische Übungen für Mediziner, 2 *g*, für Vorgeschrittene, tägl. *g*. — **Tumlirz**: Theorie der Elektrizität und des Magnetismus II, 5; Übungen im mathematisch-physikalischen Seminar, 2 *g*. — **Radakovic**: Praktische Übungen im Laboratorium für Anfänger, 6. — **Hammerl**: Elektrische Energieverteilung (Schluß), 2. — **Trabert**: Kosmische Physik II, 2; Grundzüge der Klimatologie, 1; Meteorologische Übungen, 2. —

**Brunner**: Allgemeine Chemie II: Organische Chemie, 5; Praktische Übungen in analytischer und pharmazeutischer Chemie, tägl. außer Sonnabend; Praktische Übungen in analytischer Chemie, halbtägig, tägl.; Chemische Übungen für Mediziner I, 6. — **Hopfgartner**: Pharmazeutische Chemie, 5. — **Zehenter**: Über Teerfarbstoffe, deren Gewinnung und Verwendung, 2. —

**Zindler**: Analytische Geometrie der Ebene und des Raumes (Fortsetzung), mit Übungen, 4; Ausgewählte Abschnitte der Liniengeometrie, mit Übungen, 3. — **Menger**: Perspektive, 4. — **v. Oppolzer**: Sphärische Astronomie (praktischer Teil), 2; Astronomische Übungen, 3. —

## Technische Hochschule Karlsruhe.

**Lehmann**: Experimentalphysik, 4; Physikalisches Seminar (mit Sieveking), 1; Physikalisches Repetitorium (mit Sieveking), 1; Physikalisches Laboratorium (mit Sieveking), 6; Elektrizität und Licht, 1. — **Sieveking**: Einführung in die mathematische Physik, 3; Repetitorium der Physik, 1; Elektromagnetische Schwingungen, 1. — **Schultheiß**: Synoptische Meteorologie mit Übungen, 1. — **Arnold**: Dynamobau I: Allgemeiner Teil und Gleichstrommaschinen, 3, II: Synchrone und asynchrone Wechselstrommaschinen, 2; Übungen im Konstruieren elektrischer Maschinen und Apparate, 4; Elektrotechnisches Laboratorium I (mit Schleiermacher), 12, II, 8. — **N. N.**: Ältere Anwendungen der Elektrotechnik: Blitzableiter, Galvanoplastik, Telegraphie, Telephonie, mit Exkursionen, 2. — **Schleiermacher**: Grundlagen der Elektrotechnik und Meßkunde, 2; Theoretische Elektrizitätslehre, 4. — **Teichmüller**: Allgemeine Elektrotechnik, 2; Elektrotechnisches Seminar, 1; Elektrische Anlagen und Leitungen, 2; Übungen im Entwerfen von elektrischen Anlagen, 3; Elektrische Beleuchtung, 2; Exkursionen zur Besichtigung elektrischer Anlagen. — **Bragstad**: Theorie der Wechselströme, 2, Übungen, 2; Elektrische Bahnen, 1; Anwendung der Elektromotoren oder Wechselstromkommutatormotoren, 2. — **Brauer**: Festigkeitslehre, 2, Übungen, 3; Hydraulik, 3; Kinematik, 2; Mechanisches Laboratorium: Untersuchungen an Dampfmaschinen, Dampfkesseln, Gaskraftmaschinen, Wasserkraftmaschinen und Arbeitsmaschinen, Materialprüfungen auf Elastizität und Festigkeit, Hydraulische Versuche, 3. — **Benoit**: Pumpen und Gebläse, 3; Hebemaschinen, 4; Entwerfen von Hebemaschinen, 6; Entwerfen von Hebemaschinen, Pumpen und Gebläsen, 6. — **Graßmann**: Dampfmaschinen und Kessel II, 4; Entwerfen von Dampfmaschinen und Kesseln, 6; Maschinenanlagen, 2, Übungen, 6. — **Keller**: Maschinenelemente, 3; Maschinenkonstrukt. (Triebwerke etc.), 8 und 4; Lokomotivbau, 3; Hebemaschinen für Ingenieure, 1. — **Lindner**: Maschinenkunde, 3; Maschinenfabrikation, 2, Übungen, 3; Mechanische Technologie; Berg- und Hüttentechnik, 2; Technisches Zeichnen für Chemiker, 2; Technologische Exkursionen. — **Tolle**: Maschinenzeichnen, Übungen, 4; Technische Mechanik, 4; Regulatoren für Kraftmaschinen, 2. — **Schmidt**: Photographisches Praktikum (mit Vorträgen über die Theorie der Photographie, Darstellung lichtempfindlicher Präparate), 4; Exkursionen, 1 Nachmittag. —

**Bunte**: Chemische Technologie I: Baumaterialien, Glas, Keramik etc. 2, II: Chemische Großindustrie, 2; Übungen in der technischen Analyse (mit Eitner), für Chemiker, 4, für Maschineningenieure, 3; Arbeiten im chemisch-technischen Laboratorium, 5 Tage; Technologische Exkursionen. — **Engler**: Organische Experimentalchemie, 4; Chemisches Kolloquium, 1; Theoretische Chemie: Stereochemie, 1; Chemisches Laboratorium, 5 Tage. — **Le Blanc**: Physikalische Chemie II: Verwandtschaftslehre, 2; Wissenschaftliche Grundlagen der analytischen Chemie, 1; Physikalisch-chemisches und elektrochemisches Kolloquium für Vorgeschrittene, 2; Physikalisch-chemisches und elektrochemisches Laboratorium, 5 Tage; Physikalisch-chemischer und elektrochemischer Einführungskurs; Übungen im elektrochemischen Laboratorium, 3. — **Scholl**: Chemie der Benzolderivate I und II, 2. — **Dieckhoff**: Pharmazeutische Chemie, 2; Analytische Chemie I, 2. — **Eitner**: Methoden der technischen Analyse, 2; Ausgewählte Kapitel der technischen Analyse, 1. — **Haber**: Spezielle technische Elektrochemie mit Demonstrationen, 3; Chemische Technologie der Faserstoffe II: Bleicherei, Färberei, Druckerei, 2, Übungen, 2. — **Kast**: Industrie des Petroleums, der Fette und Harze, 1; Moderne Sprengstoffe und Treibmittel, 2. — **Rupp**: Chemische und mikroskopische Untersuchung der Nahrungsmittel und Gebrauchsgegenstände, 2. — **Wöhler**: Chemische Tagesfragen, 1; Chemie der Metalle, 2. —

**N. N.**: Elementare und analytische Geometrie der Ebene und des Raumes, 3, Übungen, 1; Synthetische Geometrie, 2, Übungen, 1. — **Heun**: Mechanik I und II, 4, Übungen, 2; Mechanisches Seminar für Fortgeschrittenere, 4. — **Krazer**: Höhere Mathematik II, 2; Grundlehren der höheren Mathematik, 4. — **Schur**: Darstellende Geometrie I und II, 4, Übungen, 4; Übungen in Perspektive, 3. — **Wedekind**: Höhere Mathematik I, 6, Übungen, 2. — **Faber**: Übungen in den Grundlagen der höheren Mathematik, 1. — **Ludwig**: Projektionslehre, 2, Übungen, 4. —

**Haid**: Geodätisches Praktikum II, 6, III, 3; Größere Vermessungsübung, 2 Wochen. — **Bürgin**: Plan- und Terrainzeichnen, 2 und 4. — **Grimm**: Signal- und Sicherungsanlagen, 1. —

## Universität Kiel.

**Lenard**: Experimentalphysik: Optik, Elektrizität, Magnetismus, 4; Praktische Übungen für Anfänger, 7; Wissenschaftliche Arbeiten Fortgeschrittener, tägl. außer Sonnabend; Besprechungen physikalischer Fragen (mit Becker), 1 *g*. — **Weber**: Thermodynamik, 4; Theorie physikalischer Messungsapparate mit anschließenden Übungen, 1; Physikalische Technologie unter besonderer Berücksichtigung des Eisenbahnwesens, mit Exkursionen, 2; Ausgewählte physikalische Untersuchungen, tägl. außer Sonnabend; Physikalisches Kolloquium, 2 *g*. — **Becker**: Spektralanalyse, 2. — **Brauns**: Kristalloptik mit Demonstrationen im Projektionsapparat, 2. —

**Harries**: Anorganische Experimentalchemie, 5; Chemisches Praktikum in der anorganischen Abteilung (mit Biltz), tägl. außer Sonnabend; Chemisches Praktikum in der organischen Abteilung, tägl., für Mediziner (mit Feist), 4. — **Rügheimer**: Pharmazeutische Chemie: Organischer Teil, 3; Ausgewählte Kapitel aus dem Gebiete der physikalischen Chemie, 1 *g*. — **Biltz**: Analytische Chemie, 2; Ausgewählte Kapitel der chemischen Technologie I: Unorganische Betriebe, 2, Exkursionen, *g*. — **Berend**: Repetitorium der organischen Chemie, 1 *g*; Synthetische Methoden der organischen Chemie, 1. — **N. N.**: Agrikulturchemie, 1 *g*. — **Stoehr**: Ausgewählte Kapitel der organischen Chemie, 1. — **Feist**: Chemie der Benzolderivate, 2; Einführung in das praktische Studium der Chemie, 1 *g*. — **Preuner**: Thermochemie, 2. —

**Heffter**: Differential- und Integralrechnung I, 4, Übungen, 1 *g*; Einleitung in die höhere Algebra, 4; Anwendungen der elliptischen Funktionen, 1 *g*; Übungen im mathematischen Seminar, 1½ *g*. — **Pochhammer**: Einleitung in die Theorie der Determinanten, 4; Anwendung der Infinitesimalrechnung auf die Geometrie, 4; Übungen im mathematischen Seminar, 1 *g*. — **Weinnoldt**: Die Methoden der darstellenden Geometrie, mit Übungen, 3. — **Kobold**: Niedere Geodäsie, 2; Geodätische Übungen, 2 *g*. — **Harzer**: Theorie der Bahnbestimmung, 3; Übungen im numerischen Rechnen, 1 *g*. — **Kreutz**: Bestimmung der definitiven Bahn von Kometen und Planeten, 2; Astronomische Übungen, 1 *g*. — **Großmann**: Photometrie der Gestirne, 2; Übungen an den Instrumenten der Sternwarte, *g*; Die neueren Ergebnisse der Astronomie, 1 *g*. — **Strömgren**: Einführung in die Mondtheorie, 1; Mathematische Geographie, 1 *g*. —

## Universität Königsberg.

**Volkmann**: Elastizitätstheorie, einschließlich Akustik, 4, Ergänzungen und Erläuterungen, insbesondere betreffend die in Betracht kommenden Grundbegriffe der Mechanik, 1; Physikalisch-praktische Übungen und Arbeiten, 6; Leitung großer spezieller Arbeiten, tägl. außer Sonnabend; Physikalisch-pädagogische Besprechungen, 1 *g*. — **Schmidt**: Experimentalphysik: Mechanik, Akustik, Wärme, 5; Physikalisches Praktikum für Anfänger, 3, für Fortgeschrittene, tägl. außer Sonnabend; Weltbild und Naturwissenschaft, 1 *g*. — **Löwenherz**: Die physikalischen Eigenschaften der chemischen Verbindungen und ihre praktische Verwendung, 1; Über Lösungen und die Methoden der Molekulargewichtsbestimmung, mit Demonstrationen, 1; Elektrochemische und physikalisch-chemische Übungen und Arbeiten, *g*; Die Anwendungen der Elektrizität in der Landwirtschaft, 1 *g*. —

**Klinger**: Anorganische Chemie, 4; Organische Chemie, 4; Übungen im Laboratorium, tägl. außer Sonnabend; Über Metalle und Salze, 1 *g*. — **Blochmann**: Analytische Chemie II: Quantitative Analyse, 2; Einführung in die Chemie, 2; Über Brennmaterialien und Feuerungsanlagen, 1 *g*. — **Partheil**: Pharmazeutische Chemie, organischer Teil, 5; Toxikologische Chemie, 1; Praktische Übungen im pharmazeutisch-chemischen Laboratorium, tägl. außer Sonnabend; Methoden der Arzneimittelprüfung I, 1 *g*. — **L. Cohn**: Chemie der aromatischen Verbindungen II, 2. — **Benrath**: Einführung in die physikalische Chemie: Stöchiometrie, 2; Physikalisch-chemische Arbeiten, *g*; Geschichte der Chemie im 19. Jahrhundert, 1 *g*. — **Meyer**: Analytische Geometrie der Ebene, 3, Übungen, 1 *g*; Einleitung in die höhere Geometrie, 4; Oberseminar über höhere Geometrie, 1 *g*. — **Schoenfließ**: Funktionentheorie, 5; Übungen im mathematischen Seminar für Fortgeschrittene, 2 *g*. — **Battermann**: Astronomisch-geographische Ortsbestimmung, 3, Übungen, 2 Tage *g*. — **Saalschütz**: Differentialrechnung, 4, Übungen, 1 *g*; Determinanten, 2 *g*. — **F. Cohn**: Bestimmung der Bahnen der Himmelskörper, 3; Einführung in die neueren Theorien der Himmelsmechanik, 2 *g*. —

## Universität Leipzig.

**Wiener**: Experimentalphysik I: Mechanik, Wärme, Schall, 5; Selbständige physikalische Arbeiten für Vorgeschrittene, ganz- oder halbtägig, tägl.; Physikalisches Praktikum (mit Scholl), 9, für Mediziner und Pharmazeuten, 3; Physikalisches Kolloquium (mit Des Coudres), 2 *g*. — **Des Coudres**: Thermodynamik, 4; Hydrodynamik, 2; Selbständige physikalische Arbeiten für Vorgeschrittene, tägl. — **v. Oettingen**: Harmonielehre auf akustischer Grundlage, 2 *g*. — **Marx**: Radioaktivität, 1; Elektrische Wellen, mit Experimenten, 1. — **Dahms**: Farben-Photographie, mit Demonstrationen, 1. — **Scholl**: Polarisiertes Licht (mit besonderer Berücksichtigung der Krystalloptik und Saccharimetrie), mit Demonstrationen, 1; Repetitorium der Physik (zugleich Einführung in das physikalische Praktikum), 1. —

**Ostwald**: Chemisches Praktikum (mit Böttger), ganz- und halbtägig, tägl.; Physikalisch-chemisches Praktikum (mit Luther und Bodenstein), ganz- und halbtägig, tägl.; Allgemeine und physikalische Chemie in elementarer Darstellung, 3. — **Beckmann**: Organische Chemie mit besonderer Berücksichtigung ihrer Anwendung, 5; Chemisches Praktikum, ganz- und halbtägig, tägl.; Arbeiten auf dem Gebiete der Nahrungsmittel-Chemie, tägl.; Pharmazeutisch-chemisch-toxikologisches Praktikum, ganz- und halbtägig, tägl.; Chemisches Praktikum für Mediziner, 6; Chemisches Vollpraktikum für Vorgerücktere (mit Beck, Lockemann, Heller und Deußen), tägl.; Chemisch-technisches Praktikum (mit Heller), tägl. — **Hantzsch**: Anorganische Chemie, 5, Ergänzung, 1 *g*; Chemisches Praktikum für Analytiker (mit Guthzeit) a) ganztägig, tägl., b) halbtägig, tägl. außer Sonnabend; Chemisches Vollpraktikum für Vorgerücktere (mit Stobbe, Rassow und Ley), tägl.; Chemisches Praktikum für Mediziner, 6. — **Stobbe**: Spezielle organische Chemie: Die aromatischen Verbindungen, 3. — **Wagner**: Qualitative Analyse, 1; Technik der Experimentalchemie, 1 *g*; Chemisches Praktikum für Lehrer: Schulversuche und Analyse, ganz- oder halbtägig, tägl., Repetitorische Übungen, 1 *g*; Anleitung zu selbständigen Arbeiten, ganz- und halbtägig, tägl. — **Rassow**: Chemische Technologie, Brenn- und Leuchtstoffe und ausgewählte Betriebe der anorganischen Großindustrie, mit Exkursionen, 2; Praktische Übungen in technischer Gasanalyse, 1; Chemisch-technisches Praktikum für Vorgerücktere tägl. — **Luther**: Allgemeine Chemie IV: Elektrochemie, 2; Physikalisch-chemisches Kolloquium (mit Bodenstein, Böttger und Drucker), 1 *g*. — **Böttger**: Physikalisch-chemische Methoden zur Bestimmung der Konstitution, 2; Seminaristische Übungen im Anschluß an das chemische Praktikum, 1¾ *g*. — **Schall**: Elektrolyse organischer Verbindungen, 1; Chemische Wirkung des Lichts auf organische Verbindungen, 1. — **Ley**: Ausgewählte Kapitel aus der anorganischen Chemie, 2; Über Salze und Komplexsalze, 1. — **Beck**: Gasanalyse und kalorimetrische Bestimmungen, mit praktischen Übungen, 2; Praktische Übungen, halbtägig. — **Lockemann**: Die Theorien der modernen Chemie, 2. — **Heller**: Chemie und Technik, 2. — **Deußen**: Untersuchung von Nahrungs- und Genußmitteln, mit Exkursionen, 2; Qualitative Analyse, 1. — **Drucker**: Stöchiometrie der Flüssigkeiten, 1; Theorie der elektrolytischen Dissoziation, 1; Physikalisch-chemisches Seminar, *g*. —

**Bruns**: Himmlische Mechanik, 2; Seminar für wissenschaftliches Rechnen, 2 *g*; Praktische Übungen in der Sternwarte (mit Peter), *g*. — **Mayer**: Höhere analytische Dynamik, 4, Übungen, 1 *g*. — **Hölder**: Anwendungen der elliptischen Funktionen, 3; Ausgewählte Kapitel aus der Theorie der elliptischen Modulfunktionen, 2; Übungen für Vorgeschrittene in Funktionentheorie, 1 *g*. — **Rohn**: Höhere Kurven, insbesondere der 3. und 4. Ordnung, 4, Übungen, 1 *g*; Determinanten, 2. — **Peter**: Bahnverbesserung und

spezielle Störungen, 2. — **Hausdorff**: Gewöhnliche Differentialgleichungen, 4, Übungen, 1 *g*. — **Liebmann**: Analytische Geometrie der Ebene, 4, Übungen, 1 *g*; Einführung in die algebraische Analysis, 2. —

## Universität Marburg.

**Richarz**: Experimentalphysik: Mechanik, Akustik, Optik, 5; Physikalisches Kolloquium (mit Feußner), 2 *g*; Physikalisches Praktikum (mit Feußner), 6; Leitung eigener Untersuchungen, tägl.; Übungen zur theoretischen Physik (mit Feußner), 2 *g*; Praktikum für Mediziner, 3. — **Feußner**: Theoretische Physik I: Analytische Mechanik, 4; Anleitung zu Zeit- und Ortsbestimmungen (mit v. Dalwigk), mit Übungen, 1. — **Schulze**: Kinetische Gastheorie, 2; Anleitung zur Berechnung einfacher physikalischer Aufgaben, 1. —

**Zincke**: Allgemeine Chemie I: Anorganische Chemie, 6; Praktische Übungen in der allgemeinen und analytischen Chemie, sowie selbständige chemische Arbeiten (mit Schenck), tägl.; Praktisch-chemische Übungen für Mediziner, 4. — **E. Schmidt**: Anorganische Chemie mit besonderer Berücksichtigung der Pharmazie und Medizin, 6; Über Prüfung der Arzneimittel, 1; Praktische Übungen in der analytischen und forensischen Chemie, sowie in der Untersuchung der Nahrungs- und Genußmittel und selbständige chemische Arbeiten (mit Rupp). — **Fittica**: Theoretische Chemie, 2; Neuere Geschichte der Chemie, 1 *g*. — **Schaum**: Physikalische Chemie I, 2, Übungen, 1 *g*; Allgemeine und physikalische Chemie, 1; Physikalisch-chemisches Praktikum, 2. — **Reißert**: Chemie der organischen Farbstoffe, 2. — **Schenck**: Elektrochemie, 2. — **Rupp**: Maßanalyse, 1; Gasanalyse, 1; Untersuchung von Wasser und Harn, 1; Sterilisation der Arzneimittel. — **Fries**: Ausgewählte Kapitel aus der organischen Chemie: Aromatische Verbindungen, 3; Besprechung neuerer Arbeiten, 1 *g*; Chemisches Repetitorium für Mediziner, 1. —

**Hensel**: Zahlentheorie, 4; Differentialgleichungen mit Einschluß der Theorie der linearen Differentialgleichungen, 4; Übungen des mathematischen Seminars, 1½ *g*. — **Neumann**: Elliptische Funktionen, 4; Fouriersche Reihen und Integrale, 2; Mathematische Übungen, 2 *g*. — **v. Dalwigk**: Analytische Geometrie der Kegelschnitte, 4; Geodäsie, mit Übungen, 3. — **Jung**: Algebraische Auflösung der Gleichungen, 4. — **Fueter**: Differentialrechnung, 4, Übungen, 1 *g*. —

## Universität München.

**Röntgen**: Experimentalphysik II, 5; Praktische Übungen im physikalischen Laboratorium, 4; Anleitung zu selbständigen Arbeiten, tägl.; Physikalisches Kolloquium, 2 *g*. — **Graetz**: Einleitung in die theoretische Physik, 4; Theorie des Lichts, 4. — **Donle**: Einführung in die neuere Elektrizitätslehre, 2. —

**v. Baeyer**: Organische Experimentalchemie, 5; Praktische Arbeiten im chemischen Laboratorium (mit Hofmann, Piloty und Sand in der unorganischen, mit Koenigs und Dimroth in der organischen Abteilung), tägl. außer Sonnabend; Chemisches Praktikum für Mediziner (mit Hofmann und Vanino), 4. — **Paul**: Unorganische Chemie mit besonderer Berücksichtigung ihrer Anwendung, 3; Ausgewählte Kapitel aus der angewandten physikalischen Chemie und Elektrochemie, 2; Besprechung pharmazeutisch-chemischer Präparate II: Organische Präparate, 2; Chemisches Praktikum: Praktische Übungen, einschließlich physikalisch-chemischer und elektrochemischer Arbeiten, ganz- und halbtägig; Pharmazeutisch-chemisches Praktikum, ganz- und halbtägig. — **Hofmann**: Spezielle unorganische Experimentalchemie I: Alkalimetalle, Erdalkalien und Schwermetalle, 4; Praktikum für Gasanalyse, 4; Praktikum für physikalisch-chemische und spektralanalytische Methoden (mit Sand), 4. — **Piloty**: Über analytische Chemie II, 3; Elektrolytisches Praktikum, 4 bis 5wöchentliche Kurse. — **Dimroth**: Teerfarbstoffe und ihre Anwendung in der Färberei, 4. — **Dieckmann**: Synthetische Methoden der organischen Chemie, 1 *g*. — **Sand**: Physikalische Chemie II: Elektrochemie, 2. — **Wieland**: Heterozyklische Verbindungen, 2; Organisches Kolloquium II, 1. —

**Lindemann**: Integralrechnung, 5; Theorie der Substitutionen und der höheren algebraischen Gleichungen, 4; Mechanik deformierbarer Körper, 2; Mathematisches Seminar: Aufgaben aus der analytischen Mechanik, 1½ *g*. — **v. Seeliger**: Theorie der Figur der Himmelskörper (Fortsetzung), 3; Praktisch-astronomische Übungen. — **Voß**: Elementare Einführung in die Theorie der Differentialgleichungen, 4; Analytische Geometrie des Raumes, 5; Mathematisches Seminar, 2 *g*. — **Pringsheim**: Bestimmte Integrale, 4; Anwendungen der elliptischen Funktionen, 2. — **Doehlemann**: Darstellende Geometrie II: Axonometrie, Perspektive, 3, Übungen, 2; Synthetische (neuere) Geometrie II: Grundgebilde zweiter und dritter Stufe, 4; Das Imaginäre in der Geometrie, 1 *g*. — **N. N.**: Ausgleichungsrechnung, 2. — **v. Weber**: Determinanten mit Anwendungen auf Algebra und Geometrie, 4; Differentialrechnung, 4, Ergänzungen und Übungen, 2. — **Korn**: Funktionentheorie nach Cauchy und Riemann, ihre Anwendungen in der theoretischen Physik, 4. — **Brunn**: Elemente der höheren Mathematik, mit Übungsblättern, 4. — **Hartogs**: Ausgewählte Kapitel aus der Funktionentheorie, 4. —

## Technische Hochschule München.

**Ebert**: Experimentalphysik II: Magnetismus, Elektromagnetismus, Elektrodynamik, Induktion, Strahlen elektrischer Kraft, Optik, 4; Physikalisches Praktikum, 4 oder 8; Anleitung zu wissenschaftlichen Untersuchungen auf dem Gebiete der Physik. — **Knoblauch**: Grundzüge der Physik II: Optik, Elektrizität, 3; Thermische Meßmethoden, 2; Technisch-physikalisches Praktikum, 4; Anleitung zur Ausführung wissenschaftlicher Arbeiten auf dem Gebiete der technischen Physik. — **Fischer**: Physikalisches Praktikum für Physiker und Mathematiker, 4; Einführung in die theoretische Physik II: Akustik, Optik und Elektromagnetismus, 3. — **Ewers**: Über Radioaktivität und Elektronik, 2. — **Urban**: Unterrichtskurse in praktischer Photographie, 6 Nachmittage. — **Voit**: Angewandte Physik: Heizung, Ventilation, Akustik der Gebäude, Blitzableiter, Übungen, 2; Elektrotechnik für Chemiker, 3, Übungen, 2; Theorie und Konstruktion der Meßinstrumente und Elektrizitätszähler, 2. — **Heinke**: Einführung in die Elektrotechnik, Übungen, 2, Praktikum, 2; Elektrotechnik für Maschineningenieure, 3; Elektrotechnische Meßkunde, 2; Elektrotechnisches Praktikum I: Meßtechnik und Photometrie, 4, für Vorgeschrittene, 20 bis 32; Elektrische Zentralanlagen und Arbeitsübertragung, 2, Übungen, 4. — **Gleichmann**: Elektrische Schalt- und Regulierapparate, 2; Elektrische Bahnen, 1. — **Ossanna**: Elektrotechnisches Praktikum II: Messungen an Maschinen, Gleichrichtern und Transformatoren, 4; Theorie und Konstruktion der elektrischen Maschinen II, 4; Entwerfen von elektrischen Maschinen, 4; Einphasige Induktionsmotoren und Kollektormotoren, 2. — **Schröter**: Theoretische Maschinenlehre II, 4, III, 3; Praktikum im Laboratorium für theoretische Maschinenlehre, 2. — **Ultsch**: Maschinenzeichnen, 4; Einführung in die Konstruktionslehre der Hebezeuge, 1; Arbeitsmaschinen II, 2; Entwerfen von Gebläsen und Kompressoren, 6. — **v. Lossow**: Konstruktionslehre der Maschinenteile II, 3; Entwerfen von Maschinenteilen II, 8 und 6; Entwerfen von Dampfkesseln, 2. — **Camerer**: Entwerfen von Wasserkraftmaschinen, 7; Wasserkraftanlagen, 3. — **Lynen**: Allgemeine Maschinenlehre, 4; Konstruktionslehre der Dampfmaschinen, 6; Entwerfen von Eisenbahnmaschinen, 2. — **v. Hoyer**: Mechanische Technologie II, 5; Ausgewählte Kapitel aus der mechanischen Technologie, 2. —

**Muthmann**: Allgemeine Experimentalchemie einschließlich der Grundzüge der organischen Chemie, 5; Chemisches Praktikum im analytischen und elektrochemischen Laboratorium, 10 bis 30; Praktikum in der technischen Gasanalyse (mit Hofer), 3; Spezielle Arbeiten auf dem Gebiete der unorganischen Chemie und der Elektrochemie, 30. — **Lipp**: Chemisches Praktikum im organischen Laboratorium, 20 bis 30; Organische Chemie, 5. — **Eibner**: Chemie der Benzolderivate II, 2; Pyridin, Chinolin, Isochinolin und Alkaloide, 1. — **Rohde**: Ausgewählte Kapitel aus der organischen Chemie mit Berücksichtigung der Tagesliteratur, 1. — **Hofer**: Analytische Chemie der Metalle und Metalloide nebst Gewichts- und Maßanalyse I, 4; Die elektrochemischen Prozesse, 2. — **Schultz**: Chemische Technologie II, 2, III, 2; Chemisch-technische Übungen, 4; Praktikum im chemisch-technischen Laboratorium, 20 bis 30. — **Lintner**: Chemie der Nahrungs- und Genußmittel, 2; Gärungschemisches Praktikum, 30; Technologie und Warenkunde I, 2. —

**Finsterwalder**: Höhere Mathematik II, 6, Übungen, 2; Photogrammetrie, 2, Übungen, 1. — **v. Braunmühl**: Höhere Mathematik IV, 2, Übungen, 2; Anwendung der Differential- und Integralrechnung auf Geometrie, 4; Mathematisch-historisches Seminar, 2. — **v. Dyck**: Grundzüge der höheren Mathematik, 4, Übungen, 2; Algebra, 4; Mathematisches Seminar (Kolloquium) (mit Finsterwalder), 2. — **Burmester**: Darstellende Geometrie II, 4, Übungen, 4; Kinematik, 3. — **Schmidt**: Vermessungskunde II, 4, Praktikum II, 4 oder 8; Hauptvermessungsübungen, 1 oder 2 Wochen; Katastertechnik, 3, Praktikum IV, 8 und 2; Kartierungsübungen, 4. — **N. N.**: Ausgleichungsrechnung, 2. — **Föppl**: Technische Mechanik I, 4, IV, 3, Übungen, 2; Praktikum im mechanisch-technischen Laboratorium, 2. — **Kutta**: Trigonometrie, 3, Übungen, 1; Hydrodynamik, 4. — **Emden**: Zylinderfunktionen und Anwendung derselben auf physikalische Probleme, 2, Übungen, 1; Maxwellsche Theorie der Elektrizität und des Magnetismus, 2. —

## Universität Münster.

**Heydweiller**: Experimentalphysik: Allgemeine Physik und Wärme, 4; Elementar-mathematische Ergänzungen, 1 *g*; Physikalische Übungen, 3 und 6, für Mediziner, 3; Wissenschaftliche physikalische Arbeiten, tägl. — **Konen**: Einleitung in die theoretische Physik, 3, Übungen, 1 *g*; Übungen in Demonstrationsversuchen und in der Anfertigung einfacher Apparate, 3; Theoretisch-physikalische Übungen für Vorgeschrittene, *g*. —

**Salkowski**: Organische Chemie, 5; Chemie der Metalle, 2 *g*; Praktische Übungen und Leitung wissenschaftlicher Arbeiten im chemischen Laboratorium, tägl. außer Sonnabend; Chemisches Praktikum für Mediziner (mit Kaßner und Thiel). — **König**: Übungen im agrikulturchemischen Laboratorium, tägl. *g*. — **Kaßner**: Über Gifte und ihren Nachweis in Untersuchungsobjekten, 1 *g*; Anorganische Chemie mit besonderer Berücksichtigung der Medizin und Pharmazie, 4; Kolloquium über pharmazeutische Präparate und die Gegenstände des deutschen Arzneibuches, 1; Ausgewählte Kapitel der chemischen Technologie mit besonderer Berücksichtigung der Glasindustrie und Keramik, 1; Toxikologische, pharmazeutisch-chemische Präparate, tägl. außer Sonnabend. — **Bömer**: Chemie der menschlichen Nahrungs- und Genußmittel II: Nahrungs- und Genußmittel aus dem Pflanzenreich, 2 *g*; Repetitorium der Nahrungsmittelchemie, 2 *g*. — **Thiel**: Physikalische Chemie I, 3; Praktikum des Glasblasens, 3; Anleitung zu chemischen Experimentalversuchen, 4. —

**Killing**: Analytische Geometrie I, 4, Übungen, 1 *g*; Algebra, 4; Übungen des mathematischen Oberseminars, 2 *g*. — **v. Lilienthal**: Differential- und Integralrechnung I, 4; Krümmungstheorie der Kurven und Flächen, 4; Mathematisches Unterseminar, 1 *g*. — **Dehn**: Mechanik I, 4, Übungen, 1 *g*; Analysis situs, 2. — **Plaßmann**: Methode der kleinsten Quadrate, 3; Die Fixsterne, 2 *g*; Geschichte der Astronomie, 1; Übungen im Beobachten und Rechnen, *g*. —

## Universität Prag.

**Lecher**: Experimentalphysik II, 5; Anleitung zu wissenschaftlichen Untersuchungen, tägl. *g*. — **v. Geitler**: Physikalisches Praktikum II, 6 u. 3; Interferenz und Polarisation des Lichtes, 2. — **Lippich**: Elastizität fester Körper, 3; Theoretische Mechanik (Fortsetzung) vom Wintersemester, 2. — **Spitaler**: Astrophysik, 2; Erdmagnetismus, 2. — **Rothmund**: Physikalische und theoretische Chemie II: Elektrochemie, Thermochemie und Photochemie, 4; Anwendung der Thermodynamik auf chemische Vorgänge, 1; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten für Vorgeschrittene, tägl. *g*. —

**Goldschmiedt**: Organische Chemie, 5; Ausgewählte Kapitel der Chemie, 1 *g*; Chemische Übungen, tägl. außer Sonnabend, für Mediziner, halbtägig; Anleitung zu wissenschaftlichen Untersuchungen für Vorgeschrittene, tägl. *g*. — **Meyer**: Chemie der Nahrungs- und Genußmittel, 3; Chemische Technologie der pflanzlichen Rohstoffe, 3. — **Kirpal**: Qualitative chemische Analyse, 3; Chemische Großindustrie, 1. —

**Pick**: Differentialgleichungen, 5; Mathematisches Seminar, 2 *g*. — **N. N.**: Differential- und Integralrechnung, 4; Einleitung in die Variationsrechnung, 1. — **Weinek**: Theorie des Passagen-Instrumentes im Meridiane und im ersten Vertikale, 3; Übungen im astronomischen Beobachten, 2; Die Ermittelung der Sternschnuppenbahnen, 1 *g*. — **Oppenheim**: Theorie des Geoids, 2. —

## Technische Hochschule Prag.

**Tuma**: Physik: Wellentheorie, Akustik, Optik, 5, Praktikum, 3. — **Puluj**: Allgemeine Elektrotechnik, 2, Übungen, 3; Spezielle Elektrotechnik, 2; Ausgewählte Kapitel der Wechselstrom-Elektrotechnik, 1. — **Doerfel**: Maschinenlehre, 5, Konstruktionsübungen, 6; Maschinenbau II, 2, Konstruktionsübungen, 4. — **Schiebel**: Allgemeine Maschinenkunde, Maschinenbau I, erster Teil, 2, Konstruktive Übungen, 4, I, zweiter Teil, 2, Konstruktionsübungen, 7. — **Körner**: Maschinenbau II, 4, Konstruktionsübungen, 6; Maschinenbau, ausgewählte Kapitel, 2. — **Pichl**: Meteorologie und Klimatologie: Klimatologisches Praktikum, 1. —

**Gintl**: Allgemeine Experimentalchemie II: Mineralstoffe, 5; Anleitung zu wissenschaftlichen Untersuchungen, 15; Chemische Technologie anorganischer Stoffe, 7, Übungen, 28. — **Gintl jun.**: Analytische Chemie (qualitative), Repetitorium, 2, Praktische Übungen, 24; Analytische Chemie (quantitative), Repetitorium, 2, Praktische Übungen (mit Gras), 30; Chemie der Nahrungs- und Genußmittel, 2, Übungen, 6; Enzyklopädie der technischen Chemie, 2; Praktische Übungen in der Ausführung von Heizgasuntersuchungen, 1; Untersuchung der Milch und Butter und Analyse der Fette, 1. — **Gras**: Praktische Photographie und Übungen; Übungen über praktische Unterweisung in der chemischen Untersuchung von Rohstoffen und Gebrauchsartikeln, 4. — **Storch**: Physikalische Methoden der Untersuchung von Nahrungsmitteln, 1, Übungen, 3; Chemie der Metalle und technischen Metallgewinnung, 2; Maßanalyse und chemische Arithmetik, 1; Elektrochemie, 3, Übungen, 4; Thermochemie, 2; Anleitung zu wissenschaftlichen chemischen Untersuchungen, 15. — **Czapek**: Agrikulturchemie, 3; Warenkunde und technische Mikroskopie, 3. — **Kral**: Technische Mykologie, 4. —

**Zsigmondy**: Mathematik I, 6, Repetitorium, 2; Elemente der höheren Mathematik, 2, Repetitorium, 1; Ausgewählte Kapitel der Differential- und Integralrechnung, 2. — **Grünwald**: Mathematik II, 3, Repetitorium, 2, IIa, 3, Übungen, 1; Differentialgleichungen und deren Anwendung auf Geometrie und Mechanik, 2. — **Janisch**: Darstellende Geometrie, 4, Konstruktive Übungen, 5 und 8; Ausgewählte Kapitel aus der darstellenden und projektiven Geometrie, 2; Übungen in der darstellenden Geometrie, 6. — **Stark**: Enzyklopädie der Mechanik I, 2; Mechanik I, Repetitorium, 1, II, 4, Repetitorium, 1, III, 3; Graphische Statik, 2, Konstruktive Übungen, 2; Materialienlehre, 1. — **N. N.**: Elemente der niederen Geodäsie, Übungen, 2; Niedere Geodäsie I, Übungen, 2, II, 4½, Übungen, 4; Grundzüge der sphärischen Astronomie, 3, Übungen, 2; Anwendungen der Geodäsie auf Kulturtechnik, 2, Übungen, 2. —

## Universität Rostock.

**Dieterici**: Experimentalphysik I: Mechanik, Wärme, Akustik, 5; Mechanische Wärmetheorie, 3; Physikalisches Praktikum, 8; Physikalische Arbeiten für Geübtere; Physikalisches Seminar, 2 *g*. —

**Michaelis**: Anorganische Chemie, 5; Großes Praktikum, tägl. außer Sonnabend; Kleines Praktikum, 9; Übungen für Mediziner, 4, für Nahrungsmittelchemiker, 5. — **Stoermer**: Maßanalyse, 1; Organische Chemie II: Aromatische Verbindungen, 4; Chemie der Zuckerarten, 1; Chemie der Riechstoffe, 1. — **Kümmell**: Elektrochemie, 2; Kleines elektrochemisches Praktikum, 3; Elektrochemische Analysen und Präparate, 3; Kinetische Gastheorie, 1. — **Kunckell**: Repetitorium der pharmazeutischen Chemie, 2; Maßanalytische Bestimmungen des Arzneibuches, 2 *g*; Einführung in die Nahrungsmittel- und Harnanalyse, 2 *g*. —

**Staude**: Analytische Geometrie des Raumes, 4; Analytische Mechanik, 4; Mathematisches Seminar, 2 *g*. —

## Universität Straßburg.

**Braun**: Experimentalphysik I: Mechanik, Molekularphysik, Optik, 5; Physikalische Übungen, 5 oder 10; Übersichtskursus für Mediziner, 3; Wissenschaftliche physikalische Arbeiten, 5 Tage; Physikalisches Kolloquium, 2 *g*. — **Cohn**:

Elektrizitätslehre, 4; Seminaristische Übungen, 1 *g.* — **Hergesell**: Meteorologisches Kolloquium, 2; Meteorologische Übungen, tägl. *g.* — **de Quervain**: Klimatologie, 1; Die Gletscherspuren in Schwarzwald und Vogesen (Exkursionen).

**Thiele**: Allgemeine Experimentalchemie: Organischer Teil, 5; Praktische Übungen im chemischen Laboratorium (mit Kohlschütter), tägl. außer Sonnabend; Kolloquium über organische Chemie, 1 *g.* — **Kohlschütter**: Spezielle Chemie der metallischen Elemente, 3; Praktikum für Gasanalyse, 3; Übungen in den physikalisch-chemischen Untersuchungsmethoden. — **Rose**: Chemische Technologie der leichten Metalle, 3; Repetitorium der analytischen Chemie, 3. — **Erlenmeyer**: Über den Abbau und Aufbau natürlich vorkommender organischer Verbindungen, 1; Chemisches Praktikum für Anfänger und Geübtere, sowie für Nahrungsmittelchemiker (mit Kreutz), tägl. außer Sonnabend. — **Köhl**: Einführung in die neuere chemische Literatur, 1. — **Kreutz**: Die Bereitung von Bier, Wein, Branntwein, Molkereiprodukten, mit Exkursionen, 1. — **Straus**: Organische Reaktionen in ihrem Zusammenhang, 3. — **Schär**: Pharmazeutische Chemie, 5; Grundzüge der physiologischen Chemie, 2; Übungen und Untersuchungen im pharmazeutischen Institut, tägl. außer Sonnabend; Pharmakognostisches Praktikum (mit Rosenthaler), 3; Die technisch verwendeten Milchsäfte in pharmakognostisch-chemischer Beziehung, 1 *g.* — **Rosenthaler**: Neue Arzneimittel, 2. —

**Reye**: Einleitung in die synthetische Geometrie, 2; Technische Mechanik, 4, Übungen des mathematischen Seminars, 2 *g.* — **Weber**: Bestimmte Integrale und Einleitung in die Funktionentheorie, 4; Höhere Zahlentheorie, 3; Übungen des mathematischen Oberseminars (mit Wellstein, Timerding und Epstein), $1^1/_2$ *g.* — **Wellstein**: Einleitung in die Invariantentheorie, 2; Enzyklopädie der Elementarmathematik II: Geometrie, 3; Übungen des mathematischen Unterseminars, 2 *g.* — **Timerding**: Analytische Geometrie des Raumes, 3, Übungen, 1 *g*; Einführung in die angewandte Mathematik, 2, Übungen, 2; Wahrscheinlichkeitsrechnung, 2. — **Epstein**: Elliptische Funktionen, 3. — **Simon**: Geschichte der Mathematik im Mittelalter, 2. — **Becker**: Ausgewählte Kapitel der sphärischen und praktischen Astronomie, 2; Bahnbestimmung der Doppelsterne, 1; Astronomisches Kolloquium, 14tägig, 1 Abend; Astronomische Beobachtungen. — **Wirtz**: Theorie der Finsternisse, 1; Photometrie der Gestirne, 1. —

## Technische Hochschule Stuttgart.

**Koch**: Experimentalphysik: Magnetismus, Elektrodynamik, Optik, 4; Übungen im physikalischen Laboratorium (mit Käser); Theoretische Physik, 2. — **Lang**: Elektromagnetisches Feld II, 3. — **Veesenmeyer**: Elektrotechnische Konstruktionselemente, 2; Elektrische Maschinen II, 3; Elektrotechnische Konstruktionsübungen, 8; Die elektrischen Bahnen, 2. — **Herrmann**: Die Elektrizitätswerke einschließlich der Leitungen, 2; Elektrotechnische Meßkunde I, 2. — **Dietrich**: Elektrotechnische Meßkunde II, 2; Photometrie, 2; Übungen im elektrotechnischen Laboratorium I (mit Herrmann, Dehn und Wild), 4 halbe Tage, II, für Vorgerücktere, tägl. außer Sonnabend. — **v. Weyrauch**: Analytische Theorie der Ingenieurkonstruktionen, 4, Übungen, 4; Einleitung in die mathematische Theorie der Elastizität, 2; Aerostatik und Aerodynamik, 2. — **v. Autenrieth**: Technische Mechanik, 6, Übungen, 6. — **Berg**: Maschinenzeichnen, 12; Pumpen, 2. — **v. Ernst**: Maschinenelemente (mit Schneider), 3; Hebezeuge (mit Schneider), Konstruktionsübungen, 6. — **Thomann**: Wassermotoren, 6; Turbinen-Regulatoren, 1, Konstruktionsübungen, 2; Maschinenkonstruktionen (mit Maulbetsch), 8; Maschinenkunde, Übungen, 4. — **Bantlin**: Dampfkessel, 3; Dampfturbinen, 2; Maschinenkonstruktionen (mit Uber), 10. — **v. Bach**: Materialprüfungsanstalt (mit Krug und Pfleiderer), 1, Übungen, 5 Tage; Ingenieurlaboratorium (mit Stückle), mit Übungen; Erörterungen für Maschineningenieure, 1. — **Enßlin**: Verbrennungsmotoren, Übungen, 1. — **Magenau**: Verbrennungsmotoren, Konstruktionsübungen, 4. —

**Hell**: Allgemeine Experimentalchemie, 4, Übungen (mit Kehrer, Kauffmann und Bauer), tägl. außer Sonnabend, Organische Chemie, 2; Theoretische Chemie, 2. — **Kehrer**: Analytische Chemie, 2. — **Schmidt**: Ausgewählte Kapitel der analytischen Chemie, 2; Chemisch-technische Analyse, 1. — **Kauffmann**: Physikalische Chemie, 2; Kolloquium über organische Chemie, 2; Repetitorium der anorganischen Chemie, 2. — **Küster**: Pharmazeutische Chemie: Organischer Teil, 2; Toxikologie, mit Demonstrationen, 1. — **Seel**: Neuere Arzneimittellehre, 2; Nahrungsmittelchemie, 1; Physiologisch-chemische Analyse, 1; Chemisch-pharmazeutisches Praktikum, 2. — **Philip**: Technische und Handelsanalysen organischer Produkte, 1. — **Rohland**: Pyrochemie, 1 *g*; Der Portlandzement und seine Anwendungen, 1 *g.* — **Häußermann**: Technische Chemie, mit Exkursionen, 2; Chemische Technologie der Baumaterialien, 1; Übungen im Laboratorium für chemische Technologie (mit Schmidt), tägl. außer Sonnabend; Elektrochemie, 1. — **Johannsen**: Physikalische Eigenschaften von Gespinsten und Geweben und die Mittel zu deren Prüfung, 1 *g.* —

**Hohenner**: Trigonometrische Übungen, 2; Übungen zur praktischen Geometrie, für Lehramtskandidaten, 3; Katastermessungen, mit Übungen, 2. — **Stübler**: Mathematische Geographie, mit Übungen, 2; Kinematik, mit Übungen, 3. — **Bretschneider**: Repetitionen in niederer Mathematik, 1. — **Reuschle**: Analytische Geometrie der Ebene (mit Stübler), 3, Übungen, 1; Differential- und Integralrechnung I (mit Stübler), 4, Übungen, 2, III, 3, Übungen, 1; Mathematisches Seminar (mit Mehmke), 1. — **Mehmke**: Darstellende Geometrie (mit Stübler), 4, Übungen, 6; Analytische Mechanik (mit Stübler), 3, Übungen, 1. — **Wölffing**: Funktionentheorie, 3; Variationsrechnung, 1 *g.* — **Roth**: Perspektive, 2. — **Hammer**: Praktische Geometrie II, 5, Übungen, 4; Geodätische Exkursion (zu Beginn der Herbstferien), 14tägig; Ausgleichungsrechnung nach der Methode der kleinsten Quadrate, Übungen, 2; Astronomische Zeit- und direkte geographische Ortsbestimmung, Übungen, 1. —

## Universität Tübingen.

**Paschen**: Experimentalphysik I: Mechanik und Optik, 5; Physikalische Übungen für Anfänger, 4; Selbständige Untersuchungen, tägl. — **Waitz**: Theorie der Elektrizität und des Magnetismus, 3, Übungen, 2; Populäre Astronomie, 2. — **Gans**: Absolutes Maßsystem und absolute Messungen, 1; Die Grundlagen der elektro-magnetischen Lichttheorie, 1. —

**v. Hüfner**: Ausgewählte Kapitel aus der physiologischen Chemie, 2; Praktisch-chemische Übungen für Mediziner I: Qualitative Analyse, 6, II: Quantitative Analyse, 6; Physiologisch-chemische Arbeiten für Geübtere, tägl. — **Wislicenus**: Organische Experimentalchemie, 5; Praktische Übungen, tägl. außer Sonnabend; Analytisch-chemisches Praktikum, ganz- oder halbtägig (mit Bülow); Pharmazeutisch-chemisches Praktikum (mit Weinland), ganz- oder halbtägig; Präparative Arbeiten, ganztägig; Anleitung zu selbständigen Untersuchungen, ganztägig. — **Bülow**: Analytische Chemie II, 3; Besprechungen neuerer Patente mit Erörterungen zum Patentgesetz. — **Weinland**: Pharmazeutische Chemie II: Organischer Teil, 2; Quantitative Prüfung der Arzneimittel nach dem deutschen Arzneibuch, 1; Forensische Chemie, 1. — **Wedekind**: Einführung in die Elektrochemie und ihre Anwendungen, 1; Chemie der aromatischen Verbindungen II: Heterozyklische Verbindungen, 2; Moderne physiko-chemische Probleme: Radioaktive Stoffe, Ionen, Reaktionen bei extremen Temperaturen, 1; Physikalisch-chemisches Praktikum, verbunden mit gasanalytischen Übungen, 4. —

**v. Brill**: Mechanik, 5; Die Grundlagen der Geometrie, 2; Übungen im mathematischen Seminar, 2. — **v. Stahl**: Niedere Analysis, 3; Allgemeine Funktionentheorie, 3; Übungen im mathematischen Seminar, 2. — **Maurer**: Höhere Analysis I, 3, Übungen, 2; Lineare Differentialgleichungen, 1. —

## Universität Wien.

**v. Lang**: Experimentalphysik II, 4, Mathematische Ergänzungen, 1 *g.* — **Boltzmann**: Akustik und Optik, 5; Mathematisch-physikalisches Seminar I u. II, 1 *g*; Experimentelle Arbeiten Vorgeschrittener, *g*; Ausgewählte Kapitel aus Naturphilosophie. — **Franz Exner**: Physikalisches Praktikum für Lehramtskandidaten, 6, für Chemiker und Naturhistoriker, 5; Physikalische Übungen für Vorgeschrittene, tägl.; Physikalisches Konversatorium, 1 *g.* — **Lampa**: Physikalisches Praktikum für

Mediziner, 3. — **Moser**: Experimentalphysik, insbesondere Elektrizität und Optik, 3; Einführung in die mathematische Physik, zugleich als Einleitung in die Differential- und Integralrechnung, 2; Demonstrationen und Übungen an und mit physikalischen Apparaten als Ergänzung der Experimentalvorlesung, 6. — **v. Schweidler**: Physikalisches Praktikum für Lehramtskandidaten II, 8. — **Meyer**: Elemente der theoretischen Physik: Wärmelehre, 3. — **Mache**: Über die Anwendung von Reihenentwickelungen zur Lösung physikalischer Aufgaben, 2. — **Haschek**: Ausgewählte Kapitel aus der Optik (Fortsetzung), 1; Allgemeines über die Methoden der messenden Physik, 1. — **Hinterberger**: Photographisches Praktikum, 6wöchig; Praktischer Kurs über Mikrophotographie. — **Kohl**: Die elektromagnetischen Feldgleichungen, 1. — **Ehrenhaft**: Theorie der elektromagnetischen Schwingungen, 2. — **Hann**: Allgemeine Meteorologie II; Dynamische Meteorologie, 2; Ozeanographie (spezieller Teil), 1. — **Pernter**: Meteorologische Instrumentenkunde mit Übungen an der k. k. Zentralanstalt, 3; Meteorologisches Konversatorium, 1 *g*; Arbeiten Vorgeschrittener, 3. — **Felix Exner**: Einstrahlung und Ausstrahlung auf der Erdoberfläche, 2. — **Valentin**: Magnetische Übungen, 2. — **Przibram**: Radioaktivität, 2. —

**Lieben**: Experimentalchemie II: Organische Chemie, mit Berücksichtigung auch medizinischer Hörer, 5; Chemische Übungen für Anfänger, tägl. außer Sonnabends für Mediziner, 4; Arbeiten für Vorgeschrittene, tägl. — **Wegscheider**: Grundzüge der physikalischen Chemie in elementarer Darstellung, 3; Mathematische Chemie, 2. — **Lippmann**: Organische Chemie II: Chemie der Benzolderivate, 3. — **Herzig**: Pharmazeutische Chemie, mit Übungen. — **Pomeranz**: Gasanalyse, 1; Elektrochemie, 2. — **Franke**: Harnanalyse, 2. — **Pollak**: Chemie und Technologie der organischen Farbstoffe II, mit Exkursionen, 2; Repetitorium der analytischen Chemie für Pharmazeuten, 1. — **Wenzel**: Chemische Technologie, Metallurgie, 2. — **M. Kohn**: Chemisches Repetitorium, 2. —

**v. Escherich**: Differential- und Integralrechnung, auch für Naturhistoriker und Versicherungsmathematiker, 5, Übungen, *g*; Proseminar für Mathematik, *g*; Seminar für Mathematik, *g*. — **Mertens**: Zahlentheorie (Fortsetzung), 5; Übungen im mathematischen Seminar, 2 *g*; Übungen im mathematischen Proseminar, 1 *g*; Wahrscheinlichkeitsrechnung, 3. — **Wirtinger**: Theorie der Differentialgleichungen II; Spezielle Theorien, 5; Mathematische Statistik 3; Mathematisches Seminar, *g*; Mathematisches Proseminar, *g*. — **G. Kohn**: Analytische Geometrie (Fortsetzung), 4, Übungen, 1 *g*; Algebraische Kurven, 2. — **Tauber**: Versicherungsmathematik, 6. — **Blaschke**: Einführung in die mathematische Statistik II, 3. — **Plemelj**: Einführung in die Theorie der elliptischen Funktionen (Fortsetzung), 2. — **Grünwald**: Quaternionen und andere hyperkomplexe Zahlensysteme. — **Hahn**: Theoretische Arithmetik, 3. — **Weiß**: Praktische Astronomie, 4. — **v. Hepperger**: Astrophysik, 3; Theorie der speziellen Störungen, 2. — **Schram**: Die Zeitrechnungen verschiedener Völker und die Umrechnung fremder Daten, mit besonderer Berücksichtigung auf Historiker, 2. — **Herz**: Die Störungen der Rotationsachse der Erde, 2. — **Prey**: Photogrammetrie, 2. —

## Technische Hochschule Wien.

**Jäger**: Allgemeine und technische Physik, 5 bezw. 2; Physik für Chemiker. — **Sahulka**: Grundlagen der Elektrotechnik, 4; Elektrotechnische Meßkunde, 2. — **Pichelmayer**: Dynamobau, 4, 10 und 8. — **Hochenegg**: Bau und Betrieb elektrischer Anlagen, 1½; Elektrische Stromverteilung, 3; Elektrotechnik, Praktische Übungen und Untersuchungen (mit Sahulka), 4. — **Grau**: Elektrisches Beleuchtungswesen, 1. — **Strache**: Beleuchtungswesen. — **Reithoffer**: Drehstrommotoren und Transformatoren. — **Jüllig**: Elektrische Telegraphie und Eisenbahn-Signalwesen, 2. — **Liznar**: Erdmagnetismus, 2. — **Kobes**: Theoretische Maschinenlehre I, 4, II, 3; Konstruktionsübungen über Bau der Lasthebemaschinen, 11. — **Seidler**: Maschinenzeichnen, 2, Übungen, 6; Allgemeine Maschinenkunde, 3 und 2. — **Englaender**: Maschinenelemente, 4½, Konstruktionsübungen, 6. — **Baudiß**: Bau der Wärmekraftmaschinen I, 4½, II, 3, Konstruktionsübungen, 13½. — **Budau**: Konstruktionsübungen zum Bau der Wasserkraftmaschinen und Pumpen, 14. — **Meter**: Feuerungstechnik, Heizung, Lüftung und sonstige gesundheitstechnische Ausbildung von Wohn-, Fabriks- und öffentlichen Gebäuden, 3. — **v. Stockert**: Eisenbahnmaschinenwesen, 3. —

**N. N.**: Allgemeine Experimentalchemie II: Organische Chemie, 5, Übungen, 20. — **Vortmann**: Analytische Chemie, 4, Übungen, 20. — **Bamberger**: Enzyklopädie der technischen Chemie, 3; Agrikulturchemie, 2. — **v. Jüptner**: Theoretische und physikalische Chemie, 2, Übungen, 4; Chemische Technologie anorganischer Stoffe, 5, Übungen, 20. — **Feitler**: Ausgewählte Kapitel aus der physikalischen und theoretischen Chemie, 1. — **Skrabal**: Die Theorie der Oxydations- und Reduktionsprozesse, 2. — **Böck**: Arbeitsmethoden in der organischen Chemie, 2. — **Paweck**: Technische Elektrochemie, 2. — **Abel**: Theoretische Elektrochemie, 2. — **Suida**: Die wichtigsten Kapitel aus der Chemie der aromatischen Verbindungen, 2; Chemische Technologie organischer Stoffe, 5, Übungen, 20. — **Lippmann**: Chemie der Benzol-Derivate, 3. — **Eder**: Photochemie und angewandte Photographie, 1; Photographisches Praktikum, 4. —

**Allé**: Mathematik I, 5, Korrepetitionen, 2. — **Carda**: Mathematik I, 5. — **Czuber**: Mathematik II, 5; Grundlehren der höheren Mathematik, 2. — **Grünwald**: Über Fouriersche Reihen, 2. — **Tauber**: Versicherungsmathematik I, 4, II, 4. — **Blaschke**: Einführung in die mathematische Statistik, 3. — **Müller**: Darstellende Geometrie, 4, Konstruktives Zeichnen, 6, Seminar, 2. — **Schmid**: Darstellende Geometrie und konstruktives Zeichnen, 4, Konstruktionsübungen, 6; Projektive Geometrie II, 3, Konstruktionsübungen, 2. — **Finger**: Elemente der reinen Mechanik in Verbindung mit graphischer Statik, 5; Analytische Mechanik, 2. — **N. N.**: Elemente der reinen Mechanik in Verbindung mit graphischer Statik, 5; Technische Mechanik II: Hydromechanik, 3. — **Pollak**: Praktische Übungen zu den Elementen der niederen Geodäsie, 5. — **N. N.**: Praktische Geometrie, 7½, Praktische Übungen; Situationszeichnen, 3 und 4; Photogrammetrie, 1½. — **Tinter**: Sphärische Astronomie, 4; Übungen im Beobachten und Rechnen, 2½; Geodätische Rechenübungen, 2½. —

## Universität Würzburg.

**Wien**: Experimentalphysik II: Elektrizität und Optik, 5; Praktische Übungen im physikalischen Institut, 4 bezw. 10; Anleitung zu selbständigen Arbeiten, tägl. — **Cantor**: Kinetische Theorie und Bewegung der Gase, 4. — **Seitz**: Elektrizitätsleitung in Gasen und verwandte Erscheinungen, wie Radioaktivität, Kathodenstrahlen, Röntgenstrahlen usw., mit Experimenten, 2. —

**Medicus**: Chemische Technologie, 4; Pharmazeutische Chemie: Anorganischer Teil, 5; Praktikum für Pharmazeuten, halb- und ganztägig; Praktikum in allen Richtungen der angewandten Chemie und Nahrungsmittelanalyse, halb- und ganztägig. — **Tafel**: Organische Experimentalchemie, 5; Analytisch-chemisches Praktikum (mit Manchot) a) ganz-, b) halbtägig, tägl. außer Sonnabend; Chemisches Praktikum für Mediziner (mit Gürber), 4; Vollpraktikum für präparative Arbeiten, tägl.; Anleitung zu selbständigen Untersuchungen (mit Manchot), tägl. — **Manchot**: Maßanalyse (unter Berücksichtigung der durch das deutsche Arzneibuch vorgeschriebenen Methoden), 1; Stereochemie, 1. — **Reitzenstein**: Heterozyklische Verbindungen, 2. — **Pauly**: Ausgewählte Kapitel aus der Biochemie, 1 *g*. — **Harms**: Grundzüge der physikalischen Chemie, 2. —

**Prym**: Integralrechnung, 6, Übungen, 2 *g*; Übungen zur höheren Analysis, 2; Ausgewählte Kapitel der Funktionentheorie, 2 *g*. — **Selling**: Analytische Mechanik, 4; Sphärische Astronomie, 2. — **Rost**: Analytische und synthetische Geometrie der Kegelschnitte, 4; Anwendungen der Infinitesimalanalysis auf die Theorie der ebenen Kurven, 4; Theorie der Raumkurven und der Flächen, 4; Nichteuklidische Geometrie, 2; Übungen aus der sphärischen Trigonometrie, 2; Algebraische Analysis, 2; Anwendungen der elliptischen Funktionen auf Geometrie und Mechanik, 2 *g*.

## Universität Zürich.

**Kleiner**: Experimentalphysik, 5; Physikalisches Praktikum für Anfänger, ½ Tag, für Vorgerücktere, tägl. —

**Werner**: Organische Experimentalchemie, 5; Anorga-

nische Chemie II, 2; Stereochemie: Grundlagen, 1; Chemisch-analytisches Praktikum, tägl.; Chemisches Praktikum für Vorgerücktere: Präparative Arbeiten, Ausführung selbständiger Arbeiten, tägl.; Elektrochemische Übungen, 2 Nachmittage *g*; Technisch-chemische Übungen, 1 Nachmittag *g*; Chemisches Halbpraktikum, halbtägig. — **Abeljanz**: Quantitative chemische Analyse mit Berücksichtigung der elektrolytischen Methoden, 2; Chemie und Untersuchung der Nahrungs- und Genußmittel, mit Übungen, 1; Anleitung zu chemischen Arbeiten, 1; Anleitung zur Ausführung chemischer Experimente, 1; Chemisches Praktikum für Mediziner und Veterinäre, 3 Tage, für Studierende der Naturwissenschaften, 3 Tage, für Anfänger und Vorgerücktere (Nichtchemiker), tägl. für Lehramtskandidaten, 2 Tage; Chemische Übungen für Kandidaten des Sekundarlehramts, 2. — **Pfeiffer**: Aromatische Chemie II, 2; Chemie der Farbstoffe, 2; Die Eiweißkörper und ihre Abbauprodukte, 1. —

**Burkhardt**: Algebraische Analysis, 4; Mathematische Theorie dissipativer Erscheinungen: Wärme- und Elektrizitätsleitung usw., 4; Mathematisches Seminar, 2. — **Weiler**: Analytische Geometrie II, mit Übungen, 3; Darstellende Geometrie II, mit Übungen, 4; Synthetische Geometrie, 2. — **Gubler**: Die Hauptsätze der Differential- und Integralrechnung, 2; Politische Arithmetik, 2; Inhalt und Methode des geometrischen Unterrichts in der Mittelschule, 1. — **Wolfer**: Geographische Ortsbestimmung, 3; Übungen im astronomischen Beobachten, 3 Abende; Einleitung in die Astrophysik, 2. —

## Technische Hochschule Zürich.

**H. F. Weber**: Physik, 4, Repetitorium, 1; Prinzipien, Apparate und Meßmethoden der Elektrotechnik, 2; Theorie des Wechselstroms, 2; Elektromechanik, 2; Wissenschaftliche Arbeiten in den physikalischen Laboratorien, 8, 12 oder 24; Elektrotechnisches Laboratorium, 8 oder 16. — **Weiß**: Physik, 4, Repetitorium, 1; Ionisation, Radioaktivität, 1; Physikalisches Praktikum für Anfänger, 4; Wissenschaftliche Arbeiten in den physikalischen Laboratorien, 8, 12, 24. — **Schweitzer**: Physik, 4, Repetitorium, 1; Optik für Ingenieure, 1 *g*; Graphische Methoden in der Wechselstromtechnik I, 1. — **Kunz**: Neuere Theorien der Elektrizität und des Magnetismus, 2 *g*. — **Wyßling**: Elektrische Zentralanlagen I, 2; Elektrische Bahnbetriebssysteme, 2. — **Tobler**: Ausgewählte Kapitel aus dem Gebiete der Schwachstromtechnik (Fortsetzung), 1. — **Stodola**: Dampfmaschinenbau II, 4, Repetitorium, 1; Maschinenkonstruieren, 12; Gasmotoren (Fortsetzung), 1; Übungen in der kalorischen Abteilung, ½ Tag. — **Farny**: Bau von Dynamomaschinen I, 3; Besondere Kapitel aus dem Dynamobau, 2; Übungen im Maschinenlaboratorium. — **Prasil**: Hydraulische Motoren und Pumpen I, 2, Repetitorium, 1; Konstruktionsübungen und Demonstrationen im Laboratorium, 3; Fabrikanlagen, 2; Übungen in der hydraulischen Abteilung, ½ Tag. — **Escher**: Mechanische Technologie I: Metallurgie, 4, Repetitorium, 1, III: Werkzeugmaschinen (Fortsetzung), Spinnerei, 3, Repetitorium, 1; Maschinenlehre, 4, Übungen und Repetitorium, 4. — **Fliegner**: Theoretische Maschinenlehre I: Praktische Hydraulik, Meßmethoden des Maschinenwesens, 4, Übungen, 2, III: Lokomotiven, 3, Übungen, 2. — **Herzog**: Mechanik I, 6, Repetitorium, 1, Übungen, 2. — **Meyer**: Maschinenzeichnen, 2, Übungen, 6; Skizzierübungen, 2; Maschinenbau: Transmissionen und Hebezeuge, 4, Repetitorium, 1; Maschinenkonstruieren und Demonstrationen im Laboratorium, 9. — **A. Weber**: Mechanik und Maschinenlehre, 4, Repetitorium, 1, Konstruktionsübungen, 4; Feuerungsanlagen, 2, Konstruktionsübungen, 2. — **Barbieri**: Photographie II, 1; Die Photographie in Farben, 1; Photogrammetrie, 1; Photographisches Praktikum, 2. —

**Treadwell**: Analytische Chemie II, 2; Chemisch-technische Analyse, mit Übungen, 4; Probierkunde mit Übungen, 2; Analytisch-chemisches Praktikum, 16, 24, für Vorgerücktere, tägl.; Chemisches Praktikum, 2. — **Boßhard**: Die Kontrolle der Wirksamkeit technischer Feuerungsanlagen, 1. — **Constam**: Physikalische Chemie II, 1; Organische Elektrochemie, 1; Metallurgie des Kupfers, Nickels, Zinks und Aluminiums, 1 *g*; Thermochemisches Praktikum (mit Lorenz), ½ Tag; Physikalisch-chemisches Vollpraktikum (mit Lorenz), tägl. — **Grandmougin**: Künstliche organische Farbstoffe, 3, Repetitorium, 1; Nahrungsgewerbe, 2; Beleuchtungsindustrie, 1; Technisch-chemisches Praktikum, 16, 24, für Vorgerücktere, tägl. — **Grete**: Agrikultur-chemische Untersuchungsmethoden, 2 *g*. — **Hartwich**: Pharmazeutische Chemie, 5; Ätherische Öle, 1; Toxikologie, 2; Pharmazeutisch-chemisches Praktikum, 12; Technische Botanik II: Nahrungsmittel und Gewürze, 2; Warenkunde, 2; Mikroskopische Übungen in der Nahrungsmittelkunde, ½ Tag; Chemische Untersuchung von Nahrungs- und Genußmitteln, tägl.; Pharmakognostische Übungen für Vorgerücktere, tägl. — **Kaufler**: Stereochemie, 2; Physikochemische Rechenübungen, 1 *g*. — **Lorenz**: Technische Elektrochemie, 2; Elektrochemisches Praktikum für Anfänger, 4, für Vorgerücktere, 15. — **Lunge**: Anorganische chemische Technologie, 3, Repetitorium, 1; Chemische Technologie der Baumaterialien und Explosivstoffe, 2, Repetitorium, 1; Technisch-chemisches Praktikum, 16, 24, für Vorgerücktere, täglich. — **Schulze**: Organische Chemie, 3, Repetitorium, 1; Agrikulturchemie II: Fütterungslehre, 2; Übungen im agrikulturchemischen Laboratorium, 4 und 8; Agrikultur-chemisches Praktikum für Vorgerücktere, 24. — **Willstätter**: Organische Chemie, 6, Repetitorium, 1, II: Benzolderivate, 2, Repetitorium, 1; Analytisch-chemisches Praktikum, 16, 24, für Vorgerücktere, tägl. — **Winterstein**: Physiologische Chemie, 2; Anleitung zu den Übungen im agrikulturchemischen Laboratorium, 1; Übungen im agrikulturchemischen Laboratorium. —

**W. Fiedler**: Darstellende Geometrie, 2, Repetitorium, 1, Übungen, 4; Elemente der projektiven Koordinatengeometrie, 2. — **Beyel**: Kegelschnitte, 2; Axonometrie und Perspektive, 2. — **Dumas**: Algebra, 3. — **Franel**: Integralrechnung, 4, Repetitorium, 1, Übungen, 2. — **Geiser**: Ebene Kurven, 4; Ausgewählte Partien der analytischen Geometrie, 2; Mathematisches Seminar (mit Hurwitz), 2. — **Hirsch**: Integralrechnung, 4, Repetitorium, 1, Übungen, 2; Partielle Differentialgleichungen, 4. — **Hurwitz**: Funktionentheorie, 5, Übungen, 1. — **J. Keller**: Repetition der Integralrechnung, 2. — **Kraft**: Geometrischer Kalkül: Vektoranalysis, 2; Elektronentheorie, 2; Angewandte Mechanik: Feuerungen und Heizanlagen, 2. — **Lacombe**: Darstellende Geometrie, 2, Repetitorium, 1, Übungen, 4; Allgemeine Geometrie, 2. — **Rebstein**: Katastervermessung und Güterzusammenlegung, 4, Übungen, 3; Versicherungsmathematik, 2. — **Rosenmund**: Vermessungskunde, 4, Vermessungsübungen, 3; Vermessungsarbeiten, 2 Wochen. — **Rudio**: Anwendungen der höheren Mathematik, 4; Geschichte der Geometrie vor Euklid, 1. — **Wolfer**: Geographische Ortsbestimmung, 3; Übungen im astronomischen Beobachten, 3; Einleitung in die Astrophysik, 2. —


## Gesuche.

**Gesucht** ein promovierter Physiker, auf elektrischem Gebiet bewandert, als

# Assistent

für wissenschaftlich-technisches Staatsinstitut. Anstellung remuneratorisch; Anfangsgehalt 3000 M. Bewerber wollen Lebenslauf und Zeugnisse in Abschrift baldigst einsenden unter **No. 213** an den Verlag dieser Zeitschrift.


Für die Redaktion verantwortlich Privatdozent Dr. Emil Bose in Göttingen — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.